

УДК 502.2:504.5

А.В. Неверов, А.А. Голденков, О.А. Варапаева, И.А. Залыгина

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УЩЕРБА, НАНОСИМОГО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

В работе представлены результаты разработки ранее не применявшегося метода расчета размеров экономического ущерба, наносимого окружающей среде в результате антропогенных воздействий. Рассматриваются воздействия при изъятии земельных участков с расположенными на них природными комплексами под строительство и эксплуатацию магистральных трубопроводов. Предлагаемый метод базируется на рентной концепции оценки природных ресурсов, которая предполагает учет альтернативной стоимости эффектов, которые могли бы быть получены на оцениваемом участке в результате эксплуатации природных ресурсов за время их воспроизводства. Определены формулы расчетов размеров экономического ущерба, обусловленного воздействием магистральных трубопроводов для основных типов экосистем Беларуси – лесных, луговых и болотных – в пределах различных зон воздействия.

Географическое положение, богатство ландшафтного и биологического разнообразия природы определяют важность Беларуси как составной части Европейской экологической сети. Эти обстоятельства делают особо значимой проблему обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды, в том числе при сооружении и функционировании протяженных объектов, одними из которых являются трассы магистрального трубопроводного транспорта (МТТ). Для оценки масштабов воздействия МТТ на экосистемы следует учесть, что по территории Республики Беларусь трассы магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов проложены в шести технических коридорах, трассы магистральных газопроводов проходят в двух технических коридорах. Суммарная протяженность всех коридоров составляет 1870,5 км.

В настоящее время в действующих нормативных правовых актах экологические риски (возможный вред), связанные с функционированием магистральных трубопроводов, оцениваются исходя только из возможности возникновения аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды транспортируемыми по трубам продуктами. Ситуации, связанные со «штатным» режимом функционирования трубопроводного транспорта и его влиянием на природные комплексы, не рассматриваются.

Основная цель проводимых исследований заключалась в разработке модели и метода расчета экономического ущерба, наносимого окружающей среде в результате действия установленных антропогенных факторов, возникающих во время строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов в безаварийном режиме.

Состав объектов МТТ условно можно разделить на две категории: собственно магистральные трубопроводы (линейная часть) и площадочные сооружения (насосные и компрессорные станции, газораспределительные и газоизмерительные станции, резервуарные парки нефти и нефтепродуктов, подземные хранилища газа, вспомогательные производственно-технические подразделения и др.). Техногенное воздействие площадочных сооружений МТТ на окружающую среду аналогично воздействию промышленных предприятий, и экологический ущерб от такого воздействия в полной мере оценивается на основе существующих методик, используемых для промышленных предприятий. По этой причине в разработанной модели площадочные сооружения не рассматриваются.

Известно, что МТТ относятся к самым экологически безопасным видам транспорта. Воздействие на природные экосистемы на этапе штатной эксплуатации не связано с эмиссиями загрязняющих веществ и в основном обусловлено различными излучениями, которые сопровождают их функционирование (тепловое, магнитное, электрическое, акустическое и др.). На территории Беларуси тепловое воздействие трубопроводов на грунты носит настолько ограниченный характер, что может не рассматриваться как существенное. Информации по акустическому, магнитному и электрическому воздействию на окружающую среду недостаточно, поэтому для оценки последствий этих воздействий необходимы многолетние детальные исследования. Однако приближенно можно судить, что такие воздействия не будут иметь хорошо определяемых последствий для экосистем.

Влияние магистральных трубопроводов на природные экосистемы в неаварийном режиме проявляется главным образом в результате механического нарушения почвенно-растительного покрова при строительстве линейной части магистральных трубопроводов. 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.

Основные требования к разработке модели и метода расчета ущерба, наносимого окружающей среде в результате строительства и эксплуатации МТТ, состоят в следующем:

1. Оценка ущерба должна опираться на исчисляемые размеры потерь ресурсов экосистем и тех их функций, которые обеспечивают получение определенных благ для общества.

2. В основу оценки ущерба должны быть положены используемые в экономических отношениях стоимостные выражения (действующие цены на природные ресурсы и блага, поставляемые экосистемой).

3. Помимо оцениваемых ресурсов и благ модель должна учитывать не имеющие стоимости, но существенные для экосистемы виды потерь. При этом оценка должна оставаться адекватной степени воздействия на экосистему.

4. Учет долговременного характера воздействия МТТ на окружающую среду, когда помимо единовременной теряемой во время строительства части природного ресурса (или утраты функции экосистемы) при дальнейшей эксплуатации участка ресурс не воспроизводится.

5. Доступность метода для широкого круга специалистов с минимально возможным количеством параметров, требующих изысканий на местности.

Концептуальные основы оценки ущерба

Как было указано выше, на стадии сооружения и на стадии функционирования в период штатной эксплуатации магистральных трубопроводов основным видом техногенного воздействия, существенно влияющим на состояние природных экосистем, является механическое.

Именно на стадии строительства магистральных трубопроводов образуются зоны механического нарушения природных экосистем, или зоны механического воздействия.

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

1. Зона полного механического разрушения поверхности.

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 органогенных горизонтов торфяников).

2. Зона частичного механического разрушения поверхности.

Для зоны характерно полное и частичное разрушение растительного покрова и части почвенных горизонтов (или части органогенной залежи торфяников). В данной зоне могут происходить как процессы самовосстановления экосистемы, так и дальнейшие деграционные процессы, приводящие к замене участков зоны частичных разрушений участками зоны полных разрушений.

3. Буферная зона – зона нарушения и трансформации растительного покрова.

Зона представляет собой переход от нарушенной части экосистемы к ее ненарушенной части. Прослеживается по изменениям в растительном покрове. В буферной зоне могут происходить как процессы самовосстановления растительного покрова, так и процессы дальнейшей его дегградации. Однако ввиду относительной узости коридора прохождения МТТ процессы дегградации маловероятны.

Согласно обобщенной классификационной схеме антропогенных изменений растительного покрова, изменения, возникающие в природных экосистемах, подверженных техногенным воздействиям, дифференцируются на последовательные (кратковременные и длительные) и катастрофические (внезапные).

В контексте предлагаемого подхода катастрофические изменения определяются изъятием и полной трансформацией земель в строительной полосе или зоне полного механического разрушения поверхности. Ущерб, наносимый экосистеме, определяется как прямой и расценивается нами как полная потеря частью природной экосистемы своих изначальных биологических особенностей и биосферных функций.

Последовательные изменения характерны для зоны частичного разрушения поверхности, в пределах полосы отвода под строительство и буферной зоны. Они выражаются в обратимых или необратимых сменах коренных фитоценозов, изменении видового состава фитоценозов, изменении биологической продуктивности фитоценозов при почти не изменяющемся видовом

составе. Ущерб определяется как косвенный и расценивается как утрата экосистемой части биосферных функций.

Антропогенные изменения приводят к сокращению запасов биологических ресурсов, уменьшению способности природных экосистем выполнять свои экологические или биосферные функции, а следовательно, к понижению общей экономической ценности природного капитала.

Под природным капиталом будем понимать капитальную (суммарную с учетом фактора времени) оценку совокупности природных ресурсов за весь период времени их эксплуатации в хозяйственных или иных целях. В настоящей работе оценка потерь природного капитала базируется на рентной концепции.

Экологическая рента – доход общества (собственника ресурса), возникающий в результате использования природной среды высокого качества, ее уникальных объектов, а также эксплуатации ограниченных экологических ресурсов (средообразующих функций природной среды), способной восстанавливать свои качества за счет круговорота природного вещества, сохранения и превращения энергии, высокого потенциала саморегуляции. Основа экологической ренты – экологический эффект – устойчивое продуцирование экосистем, обеспечивающих процесс средообразования на конкретной территории и ее экологическое равновесие. В стоимостном аспекте экологический эффект представляет собой сверхприбыль, обусловленную высоким качеством окружающей среды, а также экономии будущих затрат, связанных с воспроизводством средообразующих функций экосистем.

Экологическая рента как стоимостное выражение экологического эффекта гарантирует и одновременно стимулирует воспроизводство живой природы и отдельных ее компонентов. Она выражает долгосрочные цели устойчивого природопользования. Как экономический инструмент экологическая рента выступает в качестве стоимостного гаранта воспроизводства живой природы и одновременно экономически стимулирует процесс ресурсосбережения и охраны природы. Ее статус и механизм «работают» на экологически устойчивую экономику.

Экологический ресурс, являясь конструктивной основой природного комплекса, должен воспроизводиться практически бесконечно, т. е. рассматриваться как постоянно продуцирующий капитал. Этот процесс в ценностном аспекте выражает величина дисконтированной, а точнее, капитализированной ренты:

$$O_k = \frac{R_d}{q_{эк}}, \quad (1)$$

где O_k – капитализированная величина дифференциальной ренты (капитальная оценка природного (экологического) капитала); R_d – ежегодная дифференциальная рента; $q_{эк}$ – коэффициент эффективности воспроизводства в экологической сфере (норма дисконта, капитализатор).

Следует отметить, что при одинаковом числителе, т. е. ежегодной дифференциальной ренте, но при более низкой ставке капитализатора ценность природного блага повышается. Следовательно, ставка капитализатора выступает как элемент ценностных отношений природопользования, выражая воспроизводственный аспект дифференциальной ренты, обусловленный не только текущими интересами эксплуатации природных ресурсов, но и долгосрочными целями продуцирования экосистем.

Уровень воздействия на экосистему в аспекте определения ценности ресурса выражается через тот или иной коэффициент эффективности (капитализатор, норму дисконта). Капитализированная рента с более пониженной нормой дисконта, наряду с экономическим эффектом эксплуатации, учитывает экологический фактор природопользования. Разница между пониженной нормой дисконта (0,05 и ниже) и экономически оправданной (0,08 – на уровне минимальной внутренней нормы доходности для валютных капиталовложений частного сектора) дает величину экологической оценки, на основании которой определяются возможные потери, возникающие в результате эксплуатации ресурсов.

Расчет ущерба, наносимого окружающей среде при строительстве магистральных трубопроводов, дифференцирован и проводится отдельно для лесных, болотных и луговых экосистем.

Основным и необходимым эколого-экономическим механизмом расчета потерь экологических ресурсов и функций экосистем признан расчет капитальной оценки 1 га экосистемы на основании рентного подхода (оценка ресурса производится с учетом времени его функционирования). Данный расчет основан на капитализации текущей оценки основного средообразующего ресурса. Полученное значение такой оценки основного ресурса увеличивается за счет дополнений и коэффициентов, отражающих наличие особых условий и изменений важнейших биосферных функций экосистемы в результате техногенного воздействия.

Модель экономической оценки ущерба

Предлагаемый подход позволяет дать обобщенную оценку антропогенных изменений, возникающих в природных экосистемах в зонах влияния магистральных трубопроводов. При

этом антропогенные изменения в экосистеме рассматриваются нами как ущерб, причиненный экосистеме с точки зрения утраты ею части биологических ресурсов и биосферных функций.

Ниже приведена многофакторная статистическая модель для оценки экономического ущерба, обусловленного вредным воздействием на окружающую среду в результате строительства и эксплуатации магистрального трубопровода, с учетом типа естественных экологических систем. Модель представлена следующим выражением:

$$Y_3 = \sum_1 (O_1 \cdot \sum_{k=1}^m (K_1 \cdot S_1)) + Y_{бр}, \quad (2)$$

где Y_3 – стоимостная оценка экономического ущерба (экологических потерь), влияющего на состояние окружающей среды; 1 – тип экосистем в зонах воздействия трубопровода (леса, дуга, болота); O_1 – капитальная оценка 1 га экосистемы 1-го типа; m – число зон воздействия 1-го типа экосистем; K_1 – коэффициент воздействия, отражающий степень вредного воздействия объекта на окружающую среду; S_1 – площадь воздействия 1-го типа экосистемы, га; $Y_{бр}$ – оценка экологических потерь, связанных 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 и/или попадающих под действие Конвенции СИТЕС).

Формула (2) основывается на дифференциации расчета экологического ущерба для каждого типа экосистем, т. е. предполагает отдельную оценку базовой удельной величины экологического ущерба для лесных земель, лугов и болот.

Определение капитальной оценки экосистем основано на оценке их биологической продуктивности. В качестве базового показателя для каждого типа экосистем определяется наиболее ценный и средообразующий вид природного ресурса, имеющий стоимостное выражение на рынке природных ресурсов.

Капитальная оценка 1 га экосистемы 1-го типа определяется по формуле

$$O_1 = \frac{R}{q_1}, \quad (3)$$

где R – удельная текущая (ежегодная) оценка экосистемы; q_1 – капитализатор для 1-го типа экосистем, занятых под трубопроводы (обратно пропорционален среднему сроку воспроизводства пространственно-временного ряда лесных насаждений и лугов). Для территории национальных парков и заповедников принимается капитализатор, равный среднему обратному возрасту естественной спелости насаждения (200 лет, преимущественно по сосне), т. е. $1/200 = 0,005$ [14]. Это значение принимается и для лесных и луговых экосистем, т. к. лесное насаждение является главным структурным элементом экологического ресурса национального парка (таблица 1).

Формула (3) основывается на дифференциации расчета экономического ущерба для каждого типа экосистем, т. е. предполагает отдельную оценку удельной величины экономического ущерба для лесных земель, лугов и болот. Эта оценка может быть, например, основана на расчете удельной величины экологической ренты.

Удельная текущая (ежегодная) оценка экосистемы (нижний уровень эффекта воспроизводства (ежегодной ренты)) для лесных и луговых экосистем определяется на основании ежегодной продуктивности данных экосистем по формулам (4) и (5). Для болотных экосистем, учитывая тот факт, что ежегодный прирост торфяного слоя (менее 1 см в 100 лет) по объему не сопоставим с объемом ежегодной добычи при эксплуатации торфяных болот (месторождение вырабатывается за 20–30 лет), удельная оценка определяется на основании запаса месторождения по формуле (6) (в данном случае величина ежегодной ренты отдельно не определяется).

Для лесных экосистем:

$$R = \frac{Ц \cdot K_R}{1+p+K_R} K_{вых} \cdot K_{хщ} \cdot K_{лп} \cdot K_p \cdot P. \quad (4)$$

Для луговых экосистем:

$$R = \frac{Ц \cdot K_R}{1+p+K_R} K_{вых} \cdot K_{кл} \cdot P. \quad (5)$$

Таблица 1 – Значение капитализаторов для различных экосистем

Экосистема	q_1
Леса 1-й группы (1/100 лет)	0,010
Леса 2-й группы (1/50 лет)	0,020
Луга (водораздельная группа)	0,005
Луга (пойменная/заливная группа)	0,010
Территория национальных парков и заповедников (для лесных и луговых экосистем)	0,005

Для болотных экосистем:

$$O_1 = \frac{Ц \cdot K_R}{1 + p + K_R} \cdot K_{\text{вых}} \cdot K_{\text{CO}_2} \cdot K_{\text{ф}} \cdot K_{\text{з}} \cdot Z. \quad (6)$$

В формулах (4)–(6) Ц – рыночная цена продукта природопользования (для лесных экосистем – по пиломатериалам хвойных пород; для болотных экосистем – по торфу топливному; для лугов – по сену).

р – коэффициент эффективности (рентабельности) производства продукции природопользования (принимается на уровне 0,3, исходя из сложившейся экономической практики и возможностей, когда предприятие должно обеспечить среднюю рентабельность по отрасли с учетом чистой прибыли и кредитов, необходимых для обеспечения расширенного воспроизводства экологического ресурса) [3–6, 8–14]. Значение показателя рентабельности, принятого нами, выше фактических показателей рентабельности в лесном и сельском хозяйстве, торфодобывающей промышленности. Кроме того, лесная отрасль и сельское хозяйство частично датируются из бюджета (помимо льготного кредитования этих отраслей). В то же время в ряде стран Европы, например Швеции, Финляндии и Польше, лесное хозяйство является высокодоходной отраслью. Вместе с тем рентабельность нефтеперерабатывающих предприятий Республики Беларусь находится на достаточно высоком уровне и в некоторые годы превышает 30 %. Учитывая вышеизложенное, считаем целесообразным при обосновании коэффициента рентабельности ориентироваться не на его фактический уровень по отрасли, а на такой возможный уровень рентабельности, который бы позволил природоохранным (низкодоходным на сегодняшний день) отраслям обеспечить расширенное воспроизводство и быть конкурентоспособными по сравнению с высокодоходными отраслями (природоэксплуатирующими и природозагрязняющими).

K_R – коэффициент эффективности воспроизводства природного ресурса, гарантирующий получение экономических результатов (принимается на уровне не ниже коэффициента рентабельности в природоэксплуатирующей отрасли).

В отечественной научной литературе значение рентного коэффициента обосновывается на уровне 0,2–0,3. В данной методике для расчетов принимаем максимальное значение коэффициента (0,3), т. е., по нашему мнению, рента является не только сверхприбылью, но и одновременно финансовым источником воспроизводства природных ресурсов, в т. ч. экологических.

$K_{\text{хщ}}$ – коэффициент хозяйственной ценности главной породы на оцениваемом участке, отражает разницу в потребительской стоимости древесины различных пород и рассчитывается как отношение средневзвешенной стоимости лесоматериалов различных пород определенной категории крупности, сорта и условий поставки к средневзвешенной стоимости древесины сосны (взята за базу) таких же исходных параметров. Принятие итоговых значений проводилось экспертным путем. Значения коэффициентов для различных древесных пород приведены в таблице 2.

$K_{\text{шп}}$ – коэффициент, отражающий стоимость продукции побочного пользования. Принимается для лесных экосистем на уровне 1,25 [6].

$K_{\text{вых}}$ – коэффициент выхода конечной продукции природопользования с единицы природного сырья; учитывая технологические потери при сушке и транспортировке для луговых (по сену) и болотных (по торфу топливному) экосистем – 0,95, для лесных экосистем (по пиломатериалам) – 0,7 [5, 12].

$K_{\text{зд}}$ – коэффициент дифференциации питательной ценности луговых экосистем различных типов по отношению к зерну.

В связи с тем что в Беларуси пока не сформировался развитый рынок разнообразной кормовой продукции, объективную рыночную оценку кормовой продукции луговых ценозов можно провести на основе приема аналогий. При этом «рыночная» цена единицы в любом виде кормовой продукции должна быть сопоставима с ценой единицы, содержащейся в стандартных комбикормах [14]. Зерно пшеницы можно считать своеобразным кормовым эталоном в современных аграрных условиях, в связи с тем что в основе формирования цен на комбикорма заложена стоимость зерна. В процессе капитализации кормовой продукции луговых ценозов нами предусматривается «привязка» к рыночной цене зерна пшеницы. Именно посредством этой цены можно перейти к расчету объективных «рыночных» цен на любой вид кормовой продукции.

Предлагаемый вариант расчета «рыночных» цен кормовой продукции луговых ценозов основывается на соотношении между питательной ценностью биологической продукции луговых ценозов (сена) и зерна пшеницы:

$$K_{\text{зд}} = \frac{K_{\text{с}}}{K_{\text{з}}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{зд}}$ – коэффициент соотношения кормовой ценности; $K_{\text{с}}$ – содержание к. ед. в 1 кг натуральной массы сена; $K_{\text{з}}$ – содержание к. ед. в 1 кг зерна пшеницы.

Таблица 2 – Значения коэффициентов хозяйственной ценности древесной породы [5, 12]

Порода	$K_{\text{хщ}}$
Дуб, ясень, клен	2,50
Сосна	1,00
Ель	0,95
Береза, ольха черная	0,66
Осина	0,50

В таблице 3 приведены значения коэффициента $K_{ки}$ по типам лугов, использование которого позволяет произвести расчет «рыночной» цены кормовой продукции (сена).

Таблица 3 – Значения коэффициентов соотношения питательной ценности по типам лугов

Тип луга	Кормовые единицы в 1 кг сена	$K_{ки}$ (относительно зерна пшеницы)
Водораздельная группа лугов		
Луга-пустоши	0,43	0,36
Нормальные суходольные	0,49	0,41
Суходольные временно избыточно увлажненные	0,48	0,39
Заболоченные (болотные)	0,45	0,37
Торфяные	0,43	0,36
Пойменная (заливная) группа лугов		
1) длительно затопляемые широких пойм		
Луга высокого уровня	0,46	0,38
Луга среднего уровня	0,47	0,39
Заболоченные	0,46	0,38
Торфяные	0,42	0,35
2) кратковременно затопляемые малых пойм		
Относительно повышенные луга среднего уровня	0,41	0,34
Луга среднего уровня	0,45	0,37
Заболоченные	0,43	0,36
Торфяные	0,42	0,35
Приозерные торфяные	0,41	0,34
Среднее значение	0,45	0,37

K_{ϕ} – коэффициент, дифференцирующий ценность сорбционной (фильтрующей) способности в расчете на 1 га болотных угодий в зависимости от типа болот: для низинных болот принимается на уровне 1, для переходных – на уровне 1,3, для верховых – на уровне 1,5.

Обоснование коэффициента основано на дифференциации фильтрационной (водоочистительной) способности болотных экосистем в зависимости от их типа. Фильтрационная способность болотных экосистем составляет в среднем для низинных болот, обладающих минимальной фильтрующей способностью, 137 м³/(сут/га). Значения этого показателя для переходных и верховых болот составляет 411 м³/(сут/га) и 685 м³/(сут/га) соответственно [2].

В модели оценки ущерба будем учитывать увеличение фильтрационной способности болот по сравнению с минимальной фильтрационной способностью низинных болот кратным 10%-ному увеличению коэффициента фильтрации (принято экспертным путем). Например, если соотношение фильтрующей способности низинных, переходных и верховых болот составляет соответственно 1:3:5, то коэффициенты, дифференцирующие фильтрационную способность болот, K_{ϕ} будут равны соответственно 1 (для низинных): 1,3 (для переходных): 1,5 (для верховых).

$K_{со2}$ – коэффициент, дифференцирующий ценность депонирующей способности в расчете на 1 га угодий (в зависимости от типа болот: для низинных и переходных принимается на уровне 1, а для верховых – на уровне 1,83).

Для обоснования величины коэффициента углероддепонирующей способности болот $K_{со2}$ сопоставлялись стоимостные ежегодные оценки фильтрационной и депонирующей функций болот.

Согласно [15] фильтрующая способность болотных экосистем сопоставляется с фильтрующей способностью промышленной очистной установки (ПОУ) с пропускной способностью 1500 м³/сут, срок службы которой составляет не менее 50 лет. Цена такой установки в среднем составляет 50 тыс. дол. США [17]. Таким образом, стоимость косвенного использования болот по естественной очистке воды можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{фильтр}} = R_{\text{пром}} \cdot S \left(S_i \cdot \frac{\lambda_i^{\text{естест}}}{\lambda_{\text{пром}}} \right), \quad (8)$$

где $R_{\text{пром}}$ – годовая приведенная стоимость промышленной очистной установки, дол. США; $i = 1, 2, 3$ – тип болот (низинные, переходные, верховые); S_i – площадь соответствующей болотной экосистемы; $\lambda_{\text{пром}}$ – фильтрующая способность промышленной очистной установки, м³/сут; $\lambda_i^{\text{естест}}$ – фильтрующая способность i -го вида болот, м³/(сут/га).

В работе С.Н. Бобылева и др. [2] установлено, что 11 га низинных болот, обладающих минимальной пропускной способностью, равной $137 \text{ м}^3/(\text{сут}/\text{га})$, очищают ежегодно сточные воды эквивалентно одной ПОУ, годовая приведенная стоимость которой составляет 1 тыс. дол. в год. Следовательно, очистительная способность таких болот может оцениваться в 91 дол./га ($1000 \text{ дол.}/11 \text{ га}$) в год.

Углерододепонирующая способность низинных болот при условии депонирования в среднем $0,71 \text{ т CO}_2$ в год при средней стоимости депонирования $10 \text{ дол.}/\text{т CO}_2$ оценивается как минимум в $7,1 \text{ дол.}/\text{га}$ в год.

Соотношение оценок вышеуказанных способностей позволит корректно учесть депонирующую способность в модели. Данное соотношение составляет $91/7,1 = 12,8$, т. е. стоимостная оценка депонирующей способности в 12,8 раз ниже фильтрационной. Зная натуральные оценки депонирования для низинных и переходных болот ($0,71 \text{ т}/\text{га}$ в год) и для верховых болот ($1,36 \text{ т}/\text{га}$ в год), определим их стоимостные оценки. Они составят $7,1 \text{ дол.}/\text{га}$ в год и $13,6 \text{ дол.}/\text{га}$ в год соответственно.

Корректировка этих оценок для модели, учитывая более низкую стоимость депонирующей способности по сравнению с фильтрационной, осуществлялась следующим образом:

- для низинных и переходных болот: $7,1/12,8 = 0,6$;
- для верховых болот: $13,6/12,8 = 1,1$.

Минимальная оценка скорректированной депонирующей способности в модели будет учитываться коэффициентом $K_{\text{сод}}$, принятым за 1 (для низинных и переходных болот). Тогда $K_{\text{сод}}$ для верховых болот составит $1,1/0,6 = 1,83$.

K_3 – коэффициент экологической значимости редких видов экосистем. Принимается на уровне 1,3. Данный коэффициент призван учесть в модели повышенную ценность экосистем, обусловленных их редкостью на территории республики, главным образом как носителей ценной/редкой генетической информации.

Итоговое значение K_3 на уровне 1,3 принимаем для редких лесных и болотных экосистем. Значение данного коэффициента определяется как соотношение экологической спелости и возраста рубки насаждений. Так, для дубрав это соотношение составит в среднем $140/110 = 1,27$; для сосняков: $120/90 = 1,33$; для березняков: $70/61 = 1,15$, т. е. в среднем 1,3.

Для луговых экосистем коэффициент K_3 не применяется ввиду отсутствия данных о специфических луговых экосистемах с очень высокой степенью редкости. Однако при установлении ценности конкретного участка луга как местообитания редкого сообщества организмов данный коэффициент может быть применен в формуле, как и при установлении ценности лесных экосистем.

P – ежегодная продуктивность ресурса в расчете на 1 га площади.

Продуктивность лесных экосистем определяется по общему среднему приросту насаждений по таблице хода роста модальных насаждений для конкретного типа леса (по главной породе) и бонитету в $\text{м}^3/\text{га}$ в год [1]. Для второстепенных (неосновных) лесных пород общий средний прирост определяется в соответствии с таблицей 4.

Продуктивность луговых экосистем определяется по средней урожайности луговых экосистем в зависимости от типа луга в ц/га.

Z – запас торфяной залежи, т/га.

K_1 – коэффициент воздействия является общим для всех типов экосистем. Он отражает степень отрицательного влияния магистрального трубопровода на природные экосистемы в пределах трех определенных зон воздействия (м).

В таблице 5 приведены усредненные размеры зон воздействия в зависимости от типа экосистемы [7].

Таблица 4 – Общий средний прирост второстепенных лесных пород

Лесная порода	Общий средний прирост, $\text{м}^3/\text{га}$ в год
Лиственница, пихта	3,7
Липа	5,4
Граб, акация белая	2,5
Ольха черная, рябина, каштан	6,3
Ольха серая	5,8
Ясень, клен, вяз, ильм, берест, бархат амурский, орех маньчжурский	2,6
Ива древовидная, береза карельская	3,2
Тополь	6,8

Размеры зон воздействия принимаются с определенной долей условности и будут уточняться в каждом конкретном случае в соответствии с проектом строительства магистрали трубопровода. Для луговых экосистем, с учетом рекультивации, наличие и размеры зон воздействия определяются экспертным путем. При этом буферная зона может вообще не наблюдаться.

Таблица 5 – Размеры зон воздействия (механического разрушения) (от оси трубопровода)

Тип зоны	Средние размеры зон воздействия (от оси трубопровода, м)	
	Леса	Болота
Полного механического разрушения (м 1)	18	30
Частичного механического разрушения (м 2)	45	45
Буферная зона (м 3)	350	350

При строительстве магистральных подземных и наземных трубопроводов ширина полос отвода земельного участка определяется проектом, утвержденным в установленном порядке, для магистральных подземных трубопроводов (газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов) – согласно СН 452-73 «Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов». При этом зона частичного механического разрушения несколько превышает размеры полосы отвода.

Определение значения коэффициента K_1 основано на следующем положении. В зоне полного разрушения поверхности (m 1) антропогенные изменения в природной экосистеме оцениваются как катастрофические. Значение коэффициента $K_1 = 1$.

В зоне частичного механического разрушения поверхности (m 2) антропогенные изменения в природной экосистеме оцениваются как последовательные. При этом концептуально определено, что на границе зоны m 2 (30 м от оси трубопровода) коэффициент $K_1 = 0,5$. На границе зоны m 3 (т. е. на расстоянии 350 м от оси трубопровода) $K_1 = 0$.

В связи с неоднородностью участков изменения коэффициента воздействия в разных зонах целесообразно учитывать траектории коэффициента воздействия отдельно в разных зонах.

$Y_{гр}$ – оценка экологических потерь биологических ресурсов, связанных с причинением вреда окружающей среде, обусловленного уничтожением редких видов животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь и/или попадающим под действие Конвенции СИТЕС, а также вредным воздействием на среду их обитания.

Расчет экологических потерь проводится в случае установления факта причинения вреда в соответствии с методическим подходом, предлагаемым О.С. Шимовой и О.Н. Лопачук [15], по формуле:

$$Y_{гр} = \sum_{i=1}^N N_{oi} \cdot tax \cdot k, \quad (9)$$

где $i = 1N$ – количество видов животных в пределах исследуемого участка, экз.; N_{oi} – общее число животных i -го вида, обитающих в пределах исследуемого участка, экз.; P – плотность вида, экз./га; S – площадь зоны полного механического разрушения для территории i -го типа экосистемы, га; tax – таксы для определения возмещенного вреда, причиняемого окружающей среде физическими и юридическими лицами в результате незаконного изъятия и уничтожения диких животных, занесенных в Красную книгу РБ и вредного воздействия на среду их обитания, базовых величин; k – повышающий коэффициент, указывающий на принадлежность вида к включенным в Красную книгу Республики Беларусь или попадающим под действие Конвенции СИТЕС (на основании Указа Президента РБ от 8 декабря 2005 г. № 580 «О некоторых мерах по повышению эффективности ведения охотничьего хозяйства и рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию государственного управления ими»).

При установлении факта уничтожения дикорастущих деревьев, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, расчет потерь производится в зависимости от диаметра ствола в соответствии с п. 12.2.1 приложения 8 к Указу Президента Республики Беларусь от 24 июня 2008 г. № 348.

На основании представленной модели экономической оценки ущерба, наносимого окружающей среде в результате строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, разработан алгоритм программного обеспечения расчета, укрупнено представленный на рисунке 1.

Расчет в ходе апробации

Разработанный метод позволяет произвести расчеты ущерба, причиняемого экосистеме не только при проектировании прокладки трубопровода, но и по прошествии времени, на стадии его эксплуатации в безаварийном режиме.

Учитывая значимость лесных экосистем национальных парков, апробация указанного метода производилась на эксплуатируемом участке трассы нефтепровода «Дружба», проходящего по территории ГПУ «Национальный парк «Припятский», протяженностью 1675 м по северным границам кварталов 77 Переровского лесничества и 78 – Снядинского.

Участки лесных экосистем по трассе трубопровода были оценены, исходя из лесотаксационных характеристик лесных выделов, прилегающих к трассе трубопровода, которые были уточнены на основании полевого обследования. Учитывались не только изъятые под технический коридор участки, но и те участки, которые претерпели изменение в результате длительной эксплуатации трассы трубопровода, а именно: произошла вымочка части дубрав вдоль указанной трассы. Оценка экологических потерь, связанных с причинением вреда окружающей среде, обусловленного уничтожением редких видов животных и растений и вредным воздействием на среду их обитания в ходе апробации, не учитывалась.

Общая характеристика исследованных участков с описанием типов леса вдоль оси трубопровода представлена в таблице 6.

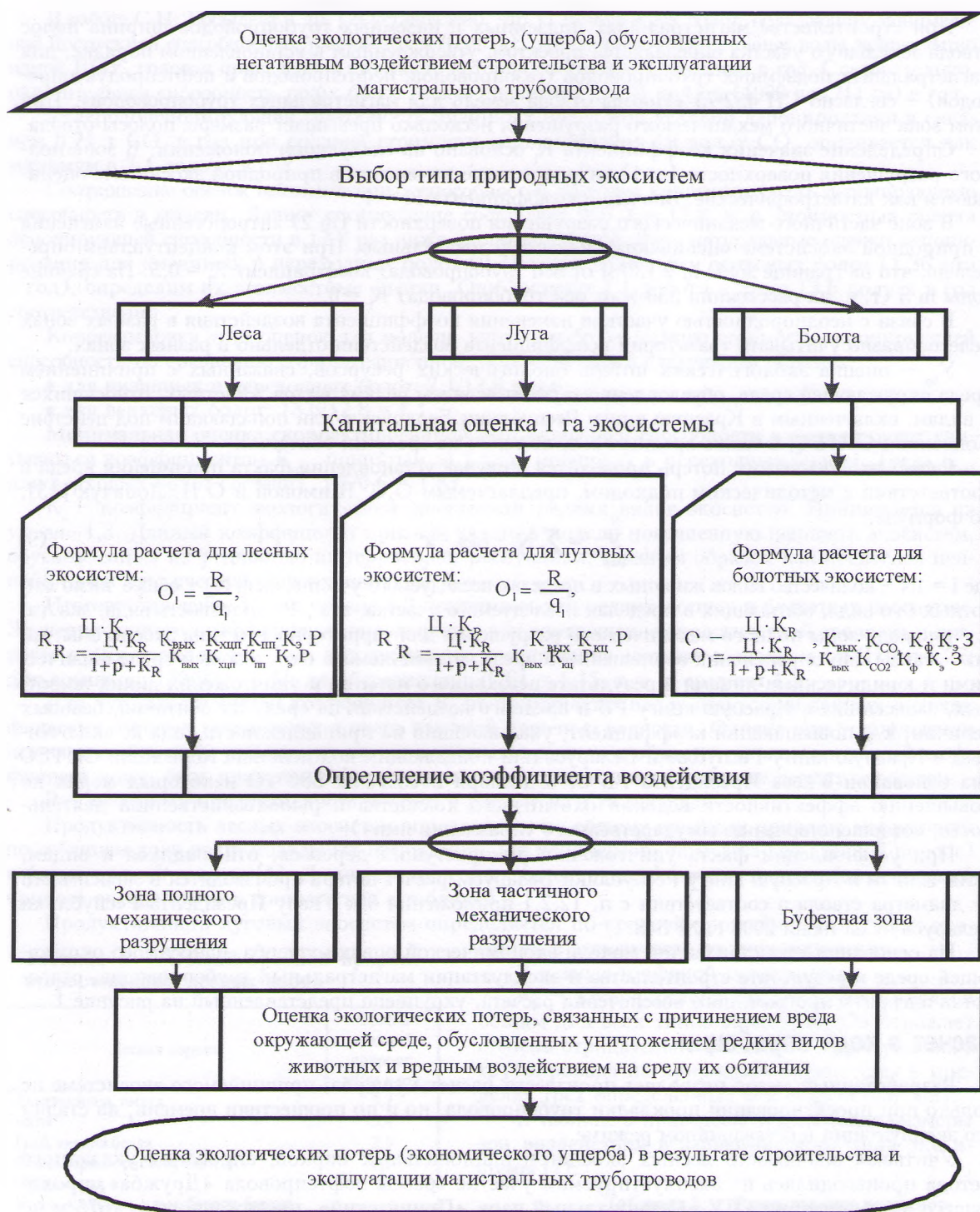


Рисунок 1 – Алгоритм оценки ущерба, наносимого окружающей среде в результате строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов.

Расчет удельной текущей (ежегодной) оценки для лесной экосистемы в расчете на 1 га проводился по формуле (4). Значения коэффициентов и результаты расчета для каждого участка приведены в таблице 7.

Учитывая недостаточную изученность воздействия трубопровода в буферной зоне (m 3), не представляется возможным получение достоверных оценок. В этой связи размер экономического ущерба, обусловленного вредным воздействием в результате строительства и эксплуатации магистрального трубопровода «Дружба» на лесные экосистемы ППУ «Национальный парк «Припятский», определялся только для зон m 1 и m 2. Результаты расчетов приведены в таблице 8.

Таблица 6 – Характеристика исследованных участков

№ участка	Наименование участка	Леса 1-й группы (леса национального парка)				Длина участка вдоль трубопровода, м		Расстояние участка от оси трубопровода, м		S ₁ – площадь воздействия 1-го типа экосистемы, га	
		Тип леса	Главная порода	Бонитет	Возраст рубки, лет	Зона м 1	Зона м 2	Зона м 1	Зона м 2	Зона м 1	Зона м 2
1	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 1	Дубрава луговая	Дуб	2	121	600	0	50	0	6,00	0
2	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 5	– × –	– × –	2	121	100	0	50	0	1,00	0
3	Лесная экосистема, кв. 77, выделы 2 и 3	Березняк снытевый	Береза	1а	71	225	0	50	0	2,25	0
4	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 4	Черноольшаник осоковый	Ольха черная	2	61	75	0	50	0	0,75	0
5	Лесная экосистема, кв. 78, выделы 3 и 5 (вымочка сложной геометрической формы)	Дубрава луговая	Дуб	2	121	75	Вымочка	50	Вымочка	0,75	2,6
6	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 2	Березняк снытевый	Береза	1а	71	150	0	50	0	1,50	0
7	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 30	Черноольшаник снытевый	Ольха черная	2	61	200	0	50	0	2,00	0
8	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 31	Ивняк таволговый	Ива	2	41	50	0	50	0	0,50	0
9	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 32	Черноольшаник снытевый	Ольха черная	1	61	150	0	50	0	1,50	0
10	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 33	– × –	– × –	1а	61	50	0	50	0	0,50	0

Таблица 7 – Расчет удельной текущей (ежегодной) оценки эффекта эксплуатации (воспроизводства) экосистемы (R)

№ участка	Показатели для расчета удельной текущей (ежегодной) оценки экосистемы R										R – удельная текущая (ежегодная) оценка экосистемы, дол./га
	Ц – рыночная цена основного продукта природопользования (по пиломатериалам хвойных пород), дол./га	K _э – рентабельный коэффициент	R – коэффициент эффективности	K _{выл} – коэффициент выхoda конечной продукции	K _{кш} – коэффициент хозяйственной ценности главной древесной породы на участке	K _{шт} – коэффициент учитываемых потерь побочного пользования	K _э – коэффициент экологической ценности экосистемы	Запас в возрасте рубки по таблицам хода роста, м ³ /га	P – средний прирост, м ³ /га		
1	153	0,3	0,3	0,7	2,50	1,25	1,0	243	2,0	126,0	
2	153	0,3	0,3	0,7	2,50	1,25	1,3	243	2,0	163,8	
3	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	280	3,9	65,3	
4	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	210	3,4	57,0	
5	153	0,3	0,3	0,7	2,50	1,25	1,0	243	2,0	126,0	
6	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	280	3,9	65,3	
7	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	210	3,4	57,0	
8	153	0,3	0,3	0,7	0,50	1,25	1,0	124	3,0	38,0	
9	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	210	3,4	57,0	
10	153	0,3	0,3	0,7	0,66	1,25	1,0	210	3,4	57,0	

Итоговая оценка ущерба для исследуемого участка территории НП «Припятский», состоящего из 10 последовательных участков общей длиной вдоль оси трубопровода 1675 м, составила 339896,3 дол. США.

Выводы

В процессе исследования особенностей воздействия магистральных трубопроводов на экосистемы были выявлены основные факторы, требующие учета в модели определения обусловленного ущерба, обоснована методология исследования и разработан методический подход к оценке ущерба, наносимого окружающей природной среде в результате воздействия МТГ, после чего были сформулированы следующие выводы:

- на наш взгляд, невозможно точно определить абсолютную величину многообразных экологических и особенно социальных эффектов в денежном выражении. Экономическая оценка экосистемных (экологических) функций в первую очередь должна обеспечить общественно необходимые объемы и качество воспроизводства этих функций. Методологической основой такой оценки может быть только рентабельный подход;

- содержание ренты с учетом требований экологоориентированного роста в системе устойчивого природопользования отличается от традиционного понимания дифференциальной ренты, поэтому по отношению к природным ресурсам, обладающим экологическим эффектом, целесообразнее употреблять термин «экологическая» рента, тем самым подчеркивая данное отличие (она отражает полный народнохозяйственный эффект воспроизводства);

- подход, основанный на исчислении экологической ренты, является наиболее надежным, поэтому ему, при прочих равных условиях, необходимо отдавать предпочтение. Во всяком случае, он является основанием для построения реальных ценностных отношений устойчивого природопользования.

Результаты апробации разработанной модели и метода расчета размеров экономического ущерба,

Таблица 8 – Результаты оценки ущерба

№ участка	Наименование участка (согласно акту обследования)	Показатели расчета экономического ущерба, обусловленного вредным воздействием на окружающую среду в результате строительства и эксплуатации магистрального трубопровода							
		R – удельная текущая (ежегодная) оценка экосистемы, дол./га	q – капитализатор для 1-го типа экосистемы (территория НП и заповедников в соответствии с таблицей 1)	O ₁ – капитальная оценка 1 га экосистемы дол./га	K ₁ – коэффициент воздействия		S ₁ – площадь зоны воздействия, га		У – стоимостная оценка экономического ущерба (экологических потерь), дол.
					Зона m 1	Зона m 2	Зона m 1	Зона m 2	
1	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 1	126,0	0,005	25205,3	1	0	6,00	0	151231,7
2	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 5	163,8	0,005	32766,9	1	0	1,00	0	32766,9
3	Лесная экосистема, кв. 77, выделы 2 и 3	65,3	0,005	13067,0	1	0	2,25	0	29650,6
4	Лесная экосистема, кв. 77, выдел 4	57,0	0,005	11406,8	1	0	0,75	0	8555,1
5	Лесная экосистема, кв. 78, выделы 3 и 5 (вымочка сложной геометрической формы)	126,0	0,005	25205,3	1	0,46	0,75	2,6	48918,4
6	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 2	65,3	0,005	13067,0	1	0	1,50	0	19600,4
7	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 30	57,0	0,005	11406,8	1	0	2,00	0	22813,6
8	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 31	38,0	0,005	7591,7	1	0	0,50	0	3795,8
9	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 32	57,0	0,005	11406,8	1	0	1,50	0	17110,2
10	Лесная экосистема, кв. 78, выдел 33	57,0	0,005	11406,8	1	0	0,50	0	5703,4
Сумма									339896,3

нанесенного окружающей среде в результате антропогенных воздействий, связанных со строительством и последующей эксплуатацией магистрального трубопровода «Дружба», показали, что для исследуемого участка территории НП «Припятский» общей длиной вдоль оси трубопровода 1675 м он составил 339896,3 дол. США.

Учитывая возможность воздействия других негативных факторов на состояние лесных экосистем в буферной зоне и недостаточную изученность воздействия трубопроводов, не представляется возможным получение достоверных оценок, элиминированных от воздействия других факторов. Данное обстоятельство приводит к выводу о том, что на начальном этапе практического применения результатов оценки следует ограничиться оценкой ущерба в зоне полного и частичного механического разрушения как наиболее достоверной.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы путем принятия нормативного правового акта, обеспечивающего возмещение ущерба, причиненного окружающей среде на особо охраняемых природных территориях в результате строительства магистральных трубопроводов, а также любых других хозяйственных объектов.

Учитывая, что в Республике Беларусь применяется возмещение потерь лесохозяйственного и сельскохозяйственного производства соответствующим землепользователям (при изъятии участков или территорий под объекты хозяйственной инфраструктуры страны), было бы целесообразно возмещать потери от изъятия участков природоохранных территорий также и государственным природоохранным учреждениям.

• Список литературы

1. **БАГИНСКИЙ В.Ф.** Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / В.Ф. Багинский, В.Н. Кисляков, А.Г. Костенко. – М.: ЦБНТИ-лесхоз, 1984. – 308 с.
2. **БОБЫЛЕВ С.Н.** Экономическая оценка биоразнообразия / С.Н. Бобылев [и др.]. – М., 1999. – 70 с.
3. **ВОДОПЬЯНОВА Т.П.** Сравнительный анализ методических подходов к экономической оценке минеральных ресурсов // Тр. БГТУ. Сер. VI. Экономика и управление. – Минск: БГТУ, 2003. – Вып. XI. – С. 288–293.
4. **ВОДОПЬЯНОВА Т.П.** Эколого-экономическая оценка минеральных ресурсов Беларуси: автореф. ... дис. канд. эконом. наук. – Минск, 2004. – 20 с.
5. **ДЕРЕВЯГО И.П.** Социально-экономическая оценка экологических ресурсов Беларуси: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. / И.П. Деревяго; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2002. – 162 с.
6. **ДЕРЕВЯГО И.П.** Основы устойчивого экономического роста / И.П. Деревяго. – Минск: Дикта, 2005. – 183 с.
7. **МАЗУР И.И.** Основы охраны окружающей среды при строительстве нефтегазовых объектов: учеб. для техникумов / И.И. Мазур, В.Н. Шишов. – М. Недра, 1992. – 150 с.
8. **НЕВЕРОВ А.В.** Экономическая оценка особо охраняемых природных территорий Беларуси / А.В. Неверов, О.В. Редковская, Д.А. Неверов // Природные ресурсы. – 2001. – № 3. – С. 89–96.
9. **НЕВЕРОВ А.В.** Методологические аспекты социально-экономической оценки экологических ресурсов / А.В. Неверов, И.П. Деревяго // Природные ресурсы. – 2002. – № 2. – С. 58–68.
10. **НЕВЕРОВ А.В.** Природный капитал в системе устойчивого развития / А.В. Неверов, И.П. Деревяго // Белорус. эконом. журн. – 2005. – № 1. – С. 121–132.
11. **НЕВЕРОВ А.В.** Устойчивое природопользование: сущность, механизм, концепция реализации / А.В. Неверов, И.П. Деревяго – Минск: БГТУ, 2005. – 174 с.
12. **НЕВЕРОВ А.В.** Лесная дифференциальная рента: методология, методика и практика расчета / А.В. Неверов [и др.] // Тр. БГТУ. – Вып. XV: Экономика и управление. – Минск, 2008.
13. **НЕВЕРОВ А.В.** Экономика природопользования: учеб. пособие для студентов специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А.В. Неверов. – Минск: БГТУ, 2008. – 536 с.
14. **РАВИНО А.В.** Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов Республики Беларусь: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / А.В. Равино; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, – 2000. – 182 с.
15. **ШИМОВА О.С.** Методические аспекты экономической оценки водно-болотных экосистем / О.С. Шимова, О.Н. Лопачук // Природные ресурсы. – 2007. – № 4. – С. 115–121.
16. **ЭКОНОМИКА** сохранения биоразнообразия / под ред. А.А. Тишкова; проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации», Ин-т экономики природопользования. – М., 2002. – 604 с.

Поступила 25.01.2011

БелНИЦ «Экология»

Белорусский государственный технологический университет

А.В. Нявераў, А.А. Галдзянкоў, В.А. Варанаева, І.А. Залыгіна
КАНЦЭПТУАЛЬНЫЯ АСНОВЫ І РАСПРАЦОЎКА МАДЭЛІ
ЭКАНАМІчнай АЦЭНКІ ўРОНУ, ЯКІ НАНЕСЕНЫ НАВАКОЛЬНАМУ
АСЯРОДДЗЮ ў ВЫНІКУ БУДАЎніцтва І ЭКСПЛУАТАЦЫІ
МАГІСТРАЛЬНЫХ ТРУБАПРАВОДАЎ

У артыкуле пададзеныя вынікі распрацоўкі новага метадычнага падыходу да вымярэння эканамічнага ўрону, нанесенага навакольнаму асяроддзю ў выніку антрапагеннага ўздзеяння пры вынятку зямельных участкаў з размешчанымі на іх прыроднымі комплексамі (экасістэмамі) пад будаўніцтва і эксплуатацыю гаспадарчых аб'ектаў. У дадзеным выпадку разглядаюцца ўплывы магістральных трубаправодаў, якія маюць сваю спецыфіку: набор фактараў уздзеяння і асаблівасці размяшчэння вымаемых зямельных участкаў. Пададзена канцэпцыя мадэлі выяўлення ўрону ад негатыўнага тэхнагеннага ўздзеяння на стан прыродных экасістэм. Даследаванні базіруюцца на рэнтнай канцэпцыі ацэнкі прыродных рэсурсаў, якая дапускае ўлік альтэрнатыўнага кошту эфектаў, якія маглі бы быць атрыманыя ў выніку выкарыстання (эксплуатацыі) прыродных рэсурсаў (разглядаемага ўчастку) за час іх ўзнаўлення. Вызначаны формулы разлікаў эканамічнага ўрону ад магістральных трубаправодаў для асноўных тыпаў экасістэм Беларусі – лясных, лугавых і балотных у межах розных зон уплыву.

A.V. Neverov, A.A. Goldenkov, O.A. Varapaeva, I.A. Zalyhina
CONCEPT USED AS THE BASIS OF A MODEL OF ECONOMIC
EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL DAMAGE CAUSED
BY THE CONSTRUCTION AND EXPLOITATION OF PIPELINES

The paper describes the development of a methodical approach, which has not been previously used in practice for evaluation of the economic damage caused to the environment by anthropogenic impacts.

The ecological damage caused by the allotment of lands with natural systems located within their limits for the construction and operation of pipelines is considered. The proposed methodical approach is based on a concept of the rent evaluation of natural resources, that takes into consideration an alternative cost of effects that could be gained from natural resources within the evaluated area as a result of their exploitation in the course of their restoration. Equations for the calculation of the economic damage from pipelines in the main ecosystems of Belarus within different impacted areas, such as forests, grasslands and wetlands have been developed.