

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Экономика и организация энергетики»

## ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Практикум

для студентов специальности 1-27 01 01  
«Экономика и организация производства»  
направления 1-27 01 01-10 «Экономика и организация  
производства (энергетика)»

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 504 (076.5)  
ББК 65.28я7  
Э40

С о с т а в и т е л ь  
*И. А. Бокун*

Р е ц е н з е н т ы :  
*Н. Б. Карницкий, Т. Ф. Манцерава*

**Экономика** природопользования : практикум для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства» направления 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства (энергетика)» / сост. И. А. Бокун. – Минск : БНТУ, 2012. – 79 с.  
ISBN 978-985-525-800-2.

В практикуме рассматриваются основные понятия и тезисы дисциплины «Экономика природопользования». Приводятся задачи по экономической оценке ущербов природной среде в результате использования природных ресурсов, представлены темы рефератов.

Практикум составлен в соответствии с программой дисциплины «Экономика природопользования» и предназначен для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (энергетика)».

**УДК 504 (076.5)**  
**ББК 65.28я7**

ISBN 978-985-525-800-2

© Белорусский национальный  
технический университет, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

**Экономика природопользования** – наука, которая отражает формы производственных отношений в процессе рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, а также охраны окружающей среды.

Экономика природопользования формирует исходную информацию о необходимости использования и воспроизводства природных ресурсов и охраны окружающей среды, поэтому она тесно связана с экономической теорией, экономикой энергетики и технологическими дисциплинами.

Существующая практика хозяйствования способствует возникновению новых задач в области рационального использования природных ресурсов. Под рациональным природопользованием следует понимать систему мероприятий, направленных на поддержание и преумножение природных ресурсов, улучшение производственных основ почв, улучшение состояния вод, воздуха, животного и растительного мира.

Одним из важнейших условий существования человечества является определенная природная среда, представляющая уникальное образование на поверхности нашей планеты, которое состоит из литосферы, гидросферы и атмосферы, находящихся в состоянии тесного взаимодействия, проявляющихся интенсивными процессами тепло- и массообмена. Рациональное использование природных ресурсов – важная составляющая экономической стратегии и государства. Поэтому в настоящее время особенно большое внимание уделяется этим проблемам, так как воздействие человека на окружающую среду по своим масштабам, сложности и интенсивности превосходит в региональном масштабе способности природы сохранять экологическое равновесие.

Региональный аспект управления природопользованием и природоохранной деятельностью состоит в выработке и реализации научно обоснованной и эффективной политики охраны, использования, воспроизводства всех видов природных ресурсов и компонентов окружающей среды в отдельном регионе. Таким образом, охрана и рациональное использование природных ресурсов и окружающей среды превращаются в составной элемент государственной политики, размещения производительных сил государства, в основу которых положены следующие принципы:

\* совершенствование размещения производительных сил, обеспечивающее ускоренное экономическое развитие;

\* обеспечение гармоничного и социального развития регионов.

В реализации природоохранных мероприятий и рациональном использовании природных ресурсов большая роль принадлежит прогнозированию. В результате осуществления процесса прогнозирования необходимо учитывать тенденции социального и экономического развития, в том числе и природоохранной деятельности. Система долгосрочного прогнозирования мероприятий охраны окружающей среды и рационального природопользования может быть представлена следующими разработками:

1. Комплексная программа научно-технического процесса государства, схема рационального природопользования и охраны окружающей среды, а также предвидение общеэкономических и социальных прогнозов как в государстве в целом, так и в отраслях народного хозяйства.

2. Региональные комплексные программы (в разрезе областей), схемы размещения производительных сил в областях и районах.

3. Схема расселения по регионам и областям, включающая долгосрочные прогнозы развития городов и городских агломераций.

4. Схемы районной планировки областей и их административных центров, схемы размещения генеральных промышленных узлов.

Большое значение имеет разработка методологических и организационных вопросов, связанных с управлением природопользованием и охраной окружающей среды.

Должно уделяться особое внимание разработке методологических и организационных вопросов прогнозирования экономики рационального природопользования с позиции системного подхода. Он предусматривает взаимосвязанное решение ряда основных блоков:

1) минерально-сырьевые и топливные ресурсы (геологоразведочные работы, добыча, обогащение, конечная переработка, использование вторичных ресурсов);

2) лесное хозяйство, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность, транспорт древесины;

3) водные ресурсы (поверхностные и подземные воды, водоснабжение и водоотведение, мелиорация, гидроэнергетика, судоходство, рыбное хозяйство, использование и охрана озер и малых рек);

4) земельный фонд, его сельскохозяйственное и несельскохозяйственное использование;

5) воздушный бассейн (его состояние, источники загрязнения, пути снижения вредных выбросов в атмосферу);

6) рекреационные и курортные ресурсы, зоны охраны животного и растительного мира, ландшафты, климат.

В этих блоках прогнозируются и исследуются природные ресурсы, потребность в них, производство, комплексное использование и утилизация отходов, методы экономической оценки эффективности.

Экономическая оценка природопользования требует проведения полного учета затрат на добычу (освоение), использование и воспроизводство всех видов природных ресурсов, введения платности природопользования.

## 1. ЭКОНОМИКА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Экономика государства и экономика природопользования формируют необходимую информацию о возможности наилучшего использования природных ресурсов при решении задач эффективного развития производства.

Организационное сочетание технических, экономических, биологических и других типов связей, централизованных на локальной территории, формирует региональную эколого-экономическую систему рационального природопользования, которую можно рассматривать как единое целое с позиции системного анализа, обладающего синергетическими связями.

Основным инструментом системного анализа является математическая модель – приближенное отображение функционирования и развития моделируемой системы с помощью уравнений целевой функции и ограничений. Задачей математической модели является получение вариантных решений при различных исходных данных.

Системный подход к решению экономического природопользования включает ряд этапов:

- поиск возможных вариантов решения;
- определение последствий использования каждого из возможных вариантов решения;
- применение объективных критериев оценки вариантов, которые указывают, является ли рассматриваемое решение предпочтительным по сравнению с другими.

В процессе проведения системного анализа целесообразно учитывать следующие допущения:

- процесс принятия решения должен осуществляться таким образом, чтобы используемые способы выбора решения можно было оценить, улучшить или заменить на другие;
- критерии оценки, используемые в процессе принятия решения, должны быть четко сформулированы;
- усилия, затраченные на нахождение связей между причиной и следствием, могут быть в дальнейшем оправданы лучшим пониманием изучаемой проблемы.

При анализе эколого-экономических связей природопользования можно выделить следующие задачи:

1) количественный и качественный учет природных ресурсов и состояния качества окружающей среды;

2) прогнозирование эксплуатируемых или потенциально пригодных к эксплуатации природных ресурсов и состояния окружающей среды;

3) разработка системы мероприятий, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов;

4) практическое осуществление разработанных мероприятий;

5) контроль за реакцией изменения окружающей среды.

Для решения этих задач необходима разработка ряда подпрограмм, наиболее важными из которых являются следующие: социально-экономическая; экономическая; технологическая; образовательная; культурно-просветительная; правовая; международного сотрудничества и информационного обеспечения.

Разработка и реализация подобных подпрограмм позволит:

– создать единую систему планирования и управления природопользованием, которая сможет обеспечить вывод более рационального варианта использования природных ресурсов, а также вариантов поддержания в оптимальном состоянии окружающей среды;

– определить уровень загрязнения окружающей среды, имея в виду недопущение ухудшения ее состояния;

– разработать способы и средства рационального использования природных ресурсов и их воспроизводство (безотходная технология и др.);

– сформулировать систему индивидуальных и групповых ценностей и норм поведения в обществе;

– разработать систему законодательных актов, регламентирующей деятельность хозяйственных объектов и субъектов;

– создать более совершенную систему сбора, обработки и хранения информации.

Критериями оптимальности варианта природопользования могут служить экономические показатели, одними из которых являются суммы издержек производства и издержек загрязнения.

Издержки загрязнения включают три составляющие: издержки предотвращения загрязнения; экономический ущерб от загрязнения; издержки от компенсации потерь сырьевых ресурсов, т. е.

$$Z = \min(S + R + Y), \quad (1.1)$$

где  $Z$  – показатель (критерий) оценки варианта;

$S$  – затраты на производство объема основной продукции;

$R$  – годовой экономический ущерб от загрязнения окружающей среды;

$Y$  – ущерб от недовыработки дополнительной продукции.

Оценка вариантов мероприятий, осуществляемых с целью рационального природопользования и охраны окружающей среды, характеризующихся неодинаковыми периодами строительства (реконструкции) и отличающихся проектными сроками эксплуатации, а также с изменяющимися в период эксплуатации величинами ежегодных затрат или результатов, производится по величине чистой текущей стоимости:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+r)^t} > 1, \quad (1.2)$$

где  $CF_t$  (cash + flow) – поступление денежных средств (денежный поток) в конце периода  $t$ ;

$K_t$  – капиталовложения в мероприятия в период  $t$ ;

$r$  – желаемая норма прибыльности, рентабельности, т. е. тот уровень доходности инвестируемых средств, который может быть обеспечен при помещении их в общедоступные финансовые механизмы банка, финансовые компании и т. д., а не при использовании на данный проект.

## 2. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ КАК ДВИЖУЩАЯ СИЛА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Существующая и движущая сила в природе формирует природные факторы, которые, исходя из их экономической роли в материальном производстве, делят на две группы: природные ресурсы и природные условия. Критерием отнесения природных факторов к природным ресурсам является их участие в материальном производстве.

**Природные ресурсы** – это те средства существования людей, которые не созданы их трудом и находятся в природе. К ним относятся вода, почва, растения, животные, материалы, которые используются непосредственно или в недоработанном виде. Природные



ресурсы обеспечивают людей пищей, одеждой, кровом, топливом, энергией, сырьем для промышленности.

Природные ресурсы классифицируют по их использованию: производственные, здравоохранительные, эстетические, научные и т. д.; по принадлежности к тем или иным компонентам природы: земельные, водные, лесные, минеральные, энергетические и др.; по исчерпаемости: исчерпаемые и неисчерпаемые. При этом исчерпаемые ресурсы подразделяют на возобновляемые (растительность, животный мир, некоторые минеральные ресурсы, находящиеся в виде осадка в озерах, морских лагунах); относительно возобновляемые (рыхлый поверхностный горизонт суши, лесные ресурсы, почва); невозобновляемые (богатства недр, полезные ископаемые). К неисчерпаемым ресурсам относятся космические лучи (солнечная радиация, энергия приливов и отливов и др.), климатические (атмосферный воздух, энергия ветра, атмосферные осадки), водные (вода, осадки) ресурсы.

Под **природными условиями** подразумевают тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил существенны для жизни и деятельности человеческого общества, но непосредственно не участвуют в материально-производственной и непроизводственной деятельности людей (состав воздуха, параметры окружающей среды, силы земного притяжения и др.)

Совокупность природных ресурсов и природных условий, находящихся в непосредственном контакте с человеком, с объектами его жизнедеятельности, непосредственно или опосредствованно влияющих на людей и их хозяйство, составляет окружающую природную среду, которая вместе с социальной средой формирует окружающую среду.

Понятие «окружающая среда» имеет двойной смысл.

Во-первых, она может рассматриваться как внешняя среда, но находящаяся в непосредственном контакте с субъектом или объектом. Во-вторых, окружающая среда может рассматриваться как совокупность биотической, абиотической и социальной среды, которые совместно оказывают воздействие на людей и хозяйство. Поэтому окружающая среда определяется как природный и созданный человеком материальный мир, в котором человек, как общественное существо, удовлетворяет свои потребности и, воздействуя на него, преобразует.

Рациональное природопользование требует проведения ограничительных мероприятий, направленных на сокращение использования ценных ресурсов и охрану окружающей среды от вредных выбросов. В процессе природопользования человек изменяет окружающую среду, причем эти изменения зачастую носят непреднамеренно негативный характер и могут иметь неблагоприятные последствия в ближайшем или отдаленном будущем. Оптимизация взаимодействия общества и природной среды является как региональной, так и глобальной проблемой, пренебрежение которой может привести в будущем к появлению в природе необратимых процессов, в результате чего окружающая среда станет непригодной.

### **3. ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И КАЧЕСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Качество окружающей среды тесно связано как с использованием природных ресурсов, так и с затратами на ее поддержание.

Высокий уровень качества окружающей среды требует значительных затрат, которые формируют экологические издержки производства. В зависимости от отношения источника загрязнения и объектов, которые воспринимают отрицательные последствия этих загрязнений, общие экологические издержки можно классифицировать, во-первых, как издержки предотвращения загрязнения, во-вторых, как издержки загрязнения (экономический ущерб).

К издержкам предотвращения загрязнения относятся затраты на мероприятия, которые проводятся либо в источнике загрязнения, либо на путях миграции загрязняющих веществ к реципиентам с целью сохранения окружающей среды и поддержания ее качества. Эти затраты расходуются по следующим двум направлениям:

1) – совершенствование технологических процессов, внедрение малоотходных технологий;

– изменение состава неиспользуемых ресурсов, улучшение их качества;

– создание очистных сооружений с последующей утилизацией уловленных отходов;

– комплексное использование сырья, снижение потребности в природных ресурсах за счет их экономии;

– контроль за загрязнениями, уменьшение выбросов в неблагоприятных метеорологических ситуациях;

– научно-исследовательские работы, результаты которых необходимы для реализации вышеперечисленных мероприятий;

– создание системы экономических показателей экологической направленности (премии за снижение вредных выбросов, штрафы за превышение нормы вредных выбросов);

2) – затраты на мероприятия, которые не снижают выброс вредных веществ в окружающую среду, но при этом могут оказывать влияние на распространение вредных веществ в окружающей среде, нейтрализовать их либо изолировать загрязнения от прямого контакта с реципиентами;

– использование метода разбавления (строительство высоких и сверхвысоких газоотводящих труб и др.), нейтрализация выбросов, их захоронение или консервация;

– доочистка реципиентами элементов окружающей среды перед их использованием;

– установление санитарных охранных зон вокруг промышленных объектов, озеленение городов и поселков;

– рациональная планировка городской застройки.

Из этого можно сделать вывод о том, что для предотвращения загрязнения окружающей среды могут потребоваться дополнительные затраты, которые сопоставимы с производственными. Однако определение затрат на природоохранные объекты представляет значительные трудности, так как они в большинстве случаев учитываются в составе общих затрат на производство. При этом номинальные вложения в природоохранные мероприятия и затраты на их эксплуатацию зависят от особенностей производства, объема и свойств очищаемых выбросов.

Между издержками на предотвращение загрязнения окружающей среды и уровнем загрязнения существует взаимосвязь (рис. 3.1). Оптимальный уровень загрязнения будет соответствовать минимуму суммарной величины затрат на эксплуатацию мероприятий  $S$  и предотвращаемого ущерба  $Y$ :

$$S + Y \rightarrow \min. \quad (3.1)$$

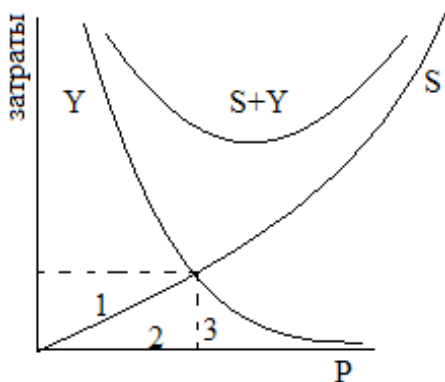


Рис. 3.1. Зависимость величины издержек на предотвращение ущерба от уровня загрязнения:

$Y$  – величина ущерба;  $S$  – величина издержек;

1 – размер ренты за использование среды; 2 – стоимость непредотвращенного ущерба; 3 – стоимость очистки отходов

При расчете затрат системы природоохранных мероприятий в регионе учитываются следующие показатели:

- эколого-экономический – минимально обоснованный уровень стоимости основных фондов;
- снижение затрат на воспроизводство и поддержание темпов прироста продукции в растениеводстве, лесопроизводстве, животноводстве;
- уменьшение количества дней нетрудоспособности по причине возникновения профессиональных заболеваний;
- повышение реальных доходов семьи за счет сокращения затрат на восстановление здоровья;
- повышение производительности труда за счет улучшения здоровья людей;
- повышение показателей рентабельности использования вторичной продукции, полученной из отходов производства;
- совершенствование цен в экономике природопользования;
- дифференциация цен в сельском хозяйстве, в потребительской кооперации, в отраслях промышленности и регионе;
- уровень фондовооруженности и энерговооруженности природоохранных мероприятий на предприятиях региона;

- удельный вес предприятий в регионе, работающих по сезонным планам;
- отношение поверхностного покрова земли к площади, занятой водной средой, в регионе;
- плотность предприятий на поверхности земли и на воде;
- объемы выбросов предприятиями промышленности и непроектной сферы региона и величина концентраций газообразных ( $C_g$ ), твердых ( $C_T$ ), жидких ( $C_{ж}$ ), туманообразных ( $C_{то}$ ) и агрессивных примесей производств ( $C_{аг}$ ), которые формируют суммарное воздействие на природную среду:

$$C = C_g + C_T + C_{ж} + C_{то} + C_{аг}, \quad (3.2)$$

Эти показатели могут быть использованы при разработке экономико-математической модели взаимосвязей экологии и экономики природопользования.

## 4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Качество окружающей среды является важнейшей характеристикой, от которой зависит эффективность использования природных ресурсов, нормальная жизнедеятельность живых организмов, в особенности людей, и поэтому требуется поддержание ее определенной чистоты.

### 4.1. Загрязнение атмосферы

Возникновение и развитие жизни на Земле связано с атмосферой – окружающей Землю газовой средой, воздушным бассейном. В процессе антропогенной деятельности из атмосферы изымаются газовые элементы и выбрасываются в нее чуждые ей газовые примеси и вредные вещества, изменяющие ее состав: растут концентрации некоторых газовых элементов (углекислого газа, оксидов серы, азота, пыли и т. д.), изменяется температура воздуха, образовывается смог. В практике наблюдается локальное, региональное и глобальное загрязнение атмосферы.

**Локальные загрязнения** обусловлены одним или несколькими источниками выбросов, зона влияния которых определяется измен-

чивой скоростью и направлением ветра и сосредоточена на небольшой территории, и характеризуются отсутствием крупных промышленных загрязнителей окружающей среды. Под **региональным загрязнением** понимается загрязнение атмосферы на территории в сотни километров, которая находится под воздействием крупных производственных комплексов. **Глобальное загрязнение** распространяется на тысячи километров от источника загрязнения, а иногда охватывает весь земной шар.

**Основными источниками загрязнения воздушного бассейна** являются природные, производственные и бытовые процессы.

*Природное загрязнение* происходит за счет естественных факторов: пылевые бури, извержение вулканов, выдувание почв, лесные пожары, появление различного рода организмов растительного, животного, биологического и микробиологического происхождения на территориях, где они раньше не наблюдались.

*Производственное загрязнение* образуется в результате деятельности промышленных, сельскохозяйственных, строительных предприятий, различного вида транспорта.

При выходе в атмосферу газовых выбросов в результате химических реакций между выбросами и компонентами атмосферы происходит образование новых веществ, которые могут осаждаться на поверхность литосферы и гидросферы.

Качество атмосферы в случае одновременного присутствия в ней  $n$  вредных веществ определяется по формуле

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} = C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots + C_n / \text{ПДК}_n \leq 1, \quad (4.1)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го ингредиента;

ПДК $_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го ингредиента.

## 4.2. Использование водных ресурсов

Водные ресурсы являются жизненно важными компонентами природной среды, которые выступают не только как необходимый биологический фактор, но и как элемент социально-экономического развития современного общества. По оценкам специалистов, в

настоящее время около 40 % всех мировых ресурсов устойчивого стока Земли уже затронуто человеческой деятельностью, а ежегодный прирост безвозвратного водозабора составляет около 5 %. Это ведет к дефициту пресной воды не только в засушливых, но и в богатых водными ресурсами районах.

Вода – составная часть гидросферы. Вода – важный «геологический деятель», который находится в почве, а также во многих минералах и черных породах, например в глине содержится до 4 % воды, в гипсе – 21 %.

В воздухе вода содержится в виде пара. В природе она встречается не в чистом виде, а содержит различные органические и неорганические соединения и состоит из 88,8 % кислорода и 11,2 % водорода.

Воды мирового океана составляют 98 % всех вод земного шара, а на долю пресных вод приходится лишь 2 %, к тому же они на Земле распределены неравномерно.

Годовая сумма атмосферных осадков для всей суши земного шара составляет 103,4 тыс. км<sup>3</sup>. В недрах Земли хранится примерно 12 тыс. км<sup>3</sup> воды.

В зависимости от характера использования водных ресурсов отрасли народного хозяйства делятся на водопотребителей и водопользователей.

В процессе водопотребления вода изымается из ее источников (рек, водоемов, водоносных пластов) и используется в промышленности, сельском хозяйстве, для коммунально-бытовых нужд, где она загрязняется, испаряется.

Водопользование – процесс использования воды как таковой (гидроэнергетика, рыбное хозяйство, водный транспорт, спорт, отдых).

Вода, используемая в производстве продуктов питания, медицине, а также для питья, относится к питьевой. Воду, расходуемую промышленным предприятием, принято называть технической. Ее применяют главным образом в качестве охлаждающего агента, транспортирующей среды для сыпучих материалов и т. д. В целом по всем отраслям промышленности около 70–75 % общего расхода технической воды используется как хладоагент.

В организме человека большую роль играют природные, минеральные воды, обычно подземные, характеризующиеся, в отличие от питьевой воды, повышенным содержанием солей, газов, органических веществ.

По химическому составу и лечебным свойствам минеральные воды делятся на следующие группы:

- 1) без специфических компонентов;
- 2) углекислые;
- 3) сульфидные (сероводородные);
- 4) с высоким содержанием Fe (железистые), As (мышьяконистые) и с содержанием Mn, Cl, Al, Zn и т. д.;
- 5) бромные, йодные либо с высоким содержанием органического вещества;
- 6) радоновые;
- 7) кремнистые;
- 8) термальные.

Чистота воды, употребляемой для питья, имеет большое значение для здоровья человека. В связи с этим вопрос снабжения населения доброкачественной водой – один из самых важнейших санитарных вопросов современности. При оценке качества питьевой воды следует обращать внимание на возможность ее загрязнения отходами животного происхождения, которые могут стать причиной возникновения инфекционных заболеваний среди людей.

Состав и свойства воды должны постоянно удовлетворять гигиеническим нормативам при любом типе источника водоснабжения (поверхностном, подземном), способе обработки, а также при различных конструктивных особенностях водопроводных систем. Вода, используемая для питья, должна быть защищена от случайного или систематического загрязнения посредством устройства охранных зон, обеспечения герметичности водопроводных систем.

Воздействие энергетики на гидросферу проявляется в водопотреблении, водоиспользовании, осаждении твердых частиц (продуктов сгорания топлива); выбросах продувок; очистке поверхностей нагрева; выбросах жидких и твердых радиоактивных отходов и теплоты, следствием которых могут быть как постоянное, так и локальное повышение температуры в водоеме, изменение ледостава, изменение распределения осадков, испарений, туманов. С целью снижения данного воздействия необходимо создание искусственных прудов-охладителей и водохранилищ в долинах рек.

Величина предельно допустимого загрязнения воды определяется физико-химическими особенностями. В связи с тем что вода может как использоваться без ее изъятия (рыбное хозяйство, отдых



и т. д.), так и потребляться промышленными предприятиями, возникает проблема разработки нормативов предельно допустимой экологической нагрузки на водный объект.

Предельно допустимые нагрузки на водоем ( $C_{\text{доп}}$ ) определяются как разность между установленной нормативной нагрузкой с концентрацией  $C_{\text{нор}}$  и существующей  $C_{\text{сущ}}$ :

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{нор}} - C_{\text{сущ}}. \quad (4.2)$$

Водный объект считается загрязненным, если показатели состава и свойств воды изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности или бытового использования и стали частично или полностью непригодными для одного из видов использования.

Понятие «загрязненность воды» является абсолютным, так как оно относится к вполне определенному месту или зоне водного объекта и к конкретному виду использования. К тому же загрязняющим веществом считается не любая примесь в воде, а только такая и такое ее количество, которые нарушают нормативы качества воды. Поэтому основным нормативным требованием к качеству воды в водных объектах является соблюдение установленных предельно допустимых концентраций.

**Предельно допустимая концентрация примеси в воде водного объекта** – это такой нормативный показатель, который исключает неблагоприятное влияние на организм человека и возможность ограничения или нарушения нормативных условий хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых и других видов водопотребления и водоиспользования.

Для нужд населения используют только пресную воду, содержащую определенное количество растворимых солей и нерастворимых примесей. В случае поступления в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект с выпусков, сумма отношений фактических концентраций  $\Sigma C_i$  этих веществ к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$\Sigma C_i / \text{ПДК}_i \leq 1. \quad (4.3)$$

В промышленных стоках содержатся вредные вещества, которые склонны подвергаться окислению в природных водах за счет растворенного в воде кислорода. Перерасход кислорода может привести к его дефициту в воде и возникновению явления эвтрофикации (снижение питания кислородом ряда организмов, живущих в воде). Если известен химический состав и количество примесей в воде, то имеется возможность рассчитать угрозу от снижения кислорода в воде и определить степень эвтрофикации, т. е. установить, насколько опасны те или иные стоки, с целью ограничения их сброса.

Для оценки содержания кислорода в водном объекте применяются два показателя, которые должны контролироваться санитарными лабораториями предприятий: химическое потребление кислорода (ХПК) и биохимическое потребление кислорода (БПК).

**Химическое потребление кислорода** – это количество кислорода, необходимое для окисления углеродосодержащих, серосодержащих, а также фосфорсодержащих веществ.

**Биохимическое потребление кислорода** – количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде). БПК определяют для различных отрезков времени (за 5 суток, за 20 суток), а также независимо от времени – на полное окисление органики. Размерность ХПК и БПК одинакова – миллиграмм  $O_2$ /л.

Для оценки качества воды установлено свыше 100 показателей (запах, привкус, цвет и т. д.).

Допустимая концентрация взвешенных веществ в сточных водах определяется по формуле

$$C_0^{ВЗВ} = C_B^{ВЗВ} + nПДК^{ВЗВ}, \quad (4.4)$$

где  $C_B^{ВЗВ}$  – концентрация взвешенных веществ в водоеме до сброса в него сточных вод;

ПДК – предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в водоеме;

$n$  – кратность разбавления сточных вод в водоеме.

Кратность разбавления определяется по формуле

$$n = \frac{(C_0 - C_B)}{(C - C_B)}, \quad (4.5)$$

где  $C_0$  – концентрация загрязняющих веществ, выпускаемых в сточные воды;

$C$ ,  $C_B$  – концентрация загрязняющих веществ в водоеме соответственно до и после выпуска.

К источникам водоснабжения современная гигиеническая наука предъявляет строгие требования. Водные объекты должны не только качественно удовлетворять в физико-химическом и санитарно-бактериологическом отношении, но и быть достаточно надежно защищены от внешнего загрязнения.

Раньше считалось, что хорошая очистка воды – достаточная гарантия безопасности в санитарно-эпидемическом отношении. Однако, несмотря на успехи техники очистки, даже при наличии хорошо устроенных и оборудованных фильтровальных станций в разных странах наблюдаются вспышки и эпидемии кишечных заболеваний водного происхождения.

Рациональное использования водных ресурсов требует проведения как организационных, так и технических мероприятий.

К организационным мероприятиям можно отнести нормирование водопотребления, кратность использования воды (т. е. отношение водопотребления к объему потребления свежей воды).

К техническим мероприятиям относятся те, которые способствуют предотвращению истощения водных ресурсов и улучшают качество как поверхностных, так и подземных вод (очистка сточных вод). Наибольшее распространение для очистки сточных вод получили механические и биологические способы.

К обобщенному показателю водоиспользования можно отнести водоемкость ВВП

$$W = \frac{G_{св} + G_{ов}}{ВВП}, \text{ м}^3/\text{долл.}, \quad (4.6)$$

где  $W$  – водоемкость внутреннего валового продукта;

$G_{св}$  – годовое потребление свежей воды;

$G_{\text{ов}}$  – годовое потребление оборотной воды.

Физико-химические способы очистки сточных вод: электрохимический, электрокоагуляция, электрофлотация, ионный обмен, кристаллизация и др.

В настоящее время с целью снижения загрязнения водоемов, а также с целью сокращения водопотребления на промышленных предприятиях применяется оборотное водоснабжение.

Важная роль принадлежит правовому регулированию охраны вод и рационального водоиспользования, которое закреплено водным кодексом Республики Беларусь (1998 г.) и другими нормативно-правовыми актами.

### 4.3. Проблемы землепользования

**Земельные ресурсы** – часть мирового земельного фонда, которая пригодна для хозяйственного использования и размещения производительных сил, являющаяся частью литосферы.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, постепенно с глубиной переходящая в сферы с меньшей прочностью вещества, включающая земную кору и мантию Земли. Глубина литосферы составляет 50–200 км, в том числе земной коры – до 50–75 км на континентах и 5–10 км на дне океана. Верхние слои литосферы (до 2–3,5 км) называются литобиосферой.

Суша занимает 29,2 % поверхности земного шара и включает земли различной категории, что составляет 148,9 млн км<sup>2</sup>, из которых 40,41 млн км<sup>2</sup> покрыто лесами, ледниками и только 14,6 млн км<sup>2</sup> приходится на долю пахотных земель.

Земля – важнейшее богатство человечества, средство производства в сельском хозяйстве и пространственный базис размещения и развития всех отраслей народного хозяйства. Поэтому рациональное использование всех земель, охрана их и всемирное повышение плодородия почв представляет одну из актуальнейших проблем.

Сельскохозяйственные угодья представляют собой участки земли, используемые в сельскохозяйственном производстве и различающиеся природными особенностями и сельскохозяйственным назначением.

К сельскохозяйственным угодьям относятся пашни (земли, систематически обрабатываемые и используемые для посева различных сельскохозяйственных культур), многолетние насаждения (сады, ягодники), залежи (пашня, не обрабатываемая в течение длительного времени), сенокосы, пастбища (луга, используемые для сенокосения и выпаса сельскохозяйственных животных).

В мире распахано и занято многолетними насаждениями 1,5 млрд га земли, однако площади земель, потенциально пригодных под пашню, по мнению некоторых специалистов, составляют 3,5 млрд га.

Важнейшей качественной характеристикой земельных ресурсов, используемых в сельском и лесном хозяйствах, является плодородие, зависящее от особых свойств самого верхнего слоя земной коры – почвы.

**Почва** представляет собой природное образование, состоящее из генетически связанных горизонтов, формирующихся в результате преобразования верхних слоев литосферы под воздействием воды, воздуха и живых организмов. Почва обладает способностью обеспечивать растения необходимым количеством питательных элементов: воды, воздуха, азота, калия, кальция, фосфора и др. Почва играет огромную роль в круговороте веществ в природе. Некоторые бактерии почвы (азотофиксирующие) обладают способностью связывать молекулярный азот атмосферы и переводить его в азотистые соединения, играющие важную роль в создании благоприятных условий для круговорота азота в природе. Благодаря этому происходит обогащение почвы связанным азотом.

Почва является той средой, в которую постоянно поступают различные отбросы и отходы, так как все живущие на земле животные и растительные организмы, умирая, попадают в почву.

Почва обладает способностью самоочищаться. В процессе самоочищения принимает участие большое количество микроорганизмов, как простейших, так и многоклеточных. Благодаря их жизнедеятельности происходит распад органических веществ (нечистот, навоза, трупов животных) до минеральных солей, воды, углекислоты, которые являются питательной средой для растений. Кроме того, в процессе круговорота образуется особое органическое вещество – гумус, или перегной, обеспечивающий повышение урожайности. Благодаря большому круговороту веществ, на планете Земля происходит самоочищение почвы. Однако вследствие ошибок в сельскохозяйственной

деятельности человека, связанных как с нарушением севооборота, так и с нарушением режима и правил внесения удобрений, происходит деградация почв. Это проявляется в снижении урожайности почвы, в физическом уничтожении верхних плодородных горизонтов и загрязнении почвы токсическими веществами.

Кроме того, ветровая и водная эрозия ежегодно ведет к потере 15–20 млн га продуктивных земель. Поэтому создаются полезные лесные системы, препятствующие эрозии почв и позволяющие получить дополнительную продукцию.

Загрязнение земель, подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха обусловлено накоплением отходов производства и потребления. В процессе выпуска продукции или выполнения работ образуются отходы производства, а также попутные вещества. По физико-химическому составу отходы делятся на твердые, жидкие и газообразные.

Отходы потребления представляют собой изделия и материалы, которые в результате физического или морального износа потеряли свои потребительские свойства. Эти отходы образуются в процессе жизнедеятельности людей. Опасные отходы также образуются в результате выпуска продукции с нарушенной технологией производства и при авариях. Они являются не только источниками загрязнения почвы, но и представляют потенциальную опасность для здоровья людей.

В результате развития промышленности, строительства городов, путей сообщения, гидротехнических сооружений, наземной и подземной добычи полезных ископаемых происходит нарушение земной поверхности и изменение природных ландшафтов. Предприятия горнодобывающих отраслей промышленности используют для технологических целей значительные площади сельскохозяйственных и лесных земель, изменяя поверхность и загрязняя окружающую среду.

Для восстановления нарушенных земель требуется комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности земель и очищение природной среды, т. е. требуется рекультивация земель.

Экономическая эффективность рекультивации определяется по формуле

$$\Theta = \frac{\Theta_p}{K_p} \geq E_n, \quad (4.7)$$

где  $\Theta_p$  – эффект рекультивации;

$K_p$  – сумма затрат на рекультивацию;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности, равный 0,15.

Затраты на рекультивацию нарушенной земельной поверхности, вызванной человеческой деятельностью, рассчитываются по формуле

$$K_p = S (K_{p1} + K_{p2} + K_{p3} + K_{p4} + K_{p5}), \quad (4.8)$$

где  $S$  – площадь рекультивируемых земель;

$K_{p_i}$  – затраты на планировку поверхности, выемку плодородного слоя почвы, покрытие площади плодородным слоем, химическую обработку, инженерно-мелиоративное и гидротехническое обеспечение 1 га нарушенных земель.

Экономическая оценка земли и других природных ресурсов строится на основе следующих концепций: затратной и рентной.

Согласно затратной концепции базой оценки служат затраты труда на освоение сельскохозяйственных земель. При такой концепции качество земли выступает как дополнительный фактор меры ценности и выражается в плодородии и уровне затрат на производство единицы продукции. В этом случае при оценке конкретного участка земли следует учитывать урожайность и текущие затраты, тогда экономическая оценка земли может быть определена по формуле

$$O_3 = K \left( \frac{Y}{T} \right) / \left( \frac{\bar{Y}}{\bar{T}} \right), \quad (4.9)$$

где  $O_3$  – экономическая оценка 1 га земли;

$K$  – капитальные вложения на освоение 1 га сельскохозяйственных угодий, долл./га;

$\frac{Y}{T}$  и  $\frac{\bar{Y}}{T}$  – отношение урожайности к текущим затратам на производство сельскохозяйственного продукта на оцениваемом участке и в среднем по стране.

Эффективность капиталовложений на охрану земельных угодий можно рассчитать по формуле

$$\Xi = \text{ДНД(ЧП)} \pm \frac{Y}{K}, \quad (4.10)$$

где ДНД(ЧП) – прирост чистой продукции с 1 га земельных угодий;

Y – предотвращенный (+) или нанесенный (–) ущерб в результате деградации земельных угодий;

K – капиталовложения (производственные, непроизводственные) землеохранного назначения.

При расчете показателей эколого-экономической эффективности использования земельных ресурсов необходимо учитывать те мероприятия, которые не требуют капитальных вложений на улучшение земельных угодий, например организацию оптимальных севооборотов.

Согласно рентной концепции различные по плодородию и местоположению используемые участки земли способны приносить различную прибыль. В таком случае рыночная стоимость земли регулируется величиной дифференциальной ренты. Тогда при определении размеров платежей за землю используются показатели, учитывающие рентную часть стоимости (дифференциальный доход) по каждому хозяйству, почвенному региону, а также оценивается величина, которая основана на двухэтапной процедуре оптимизационных расчетов.

На первом этапе определяются замыкающие затраты на продукты, получаемые с оцениваемого участка. Для этого:

1. Находятся расчетные (приведенные) капитальные затраты на производство единицы продукции на сельскохозяйственных участках по формуле

$$E_n K = \frac{E_n' K'}{Y}, \quad (4.11)$$



где  $K'$  – капитальные вложения на освоение 1 га сельскохозяйственных угодий, долл./га;

$E'_H$  – нормативный коэффициент общей экономической эффективности по сельскому хозяйству,  $E'_H = 0,15$ ;

$Y$  – урожайность 1 га, ц/га.

2. Определяются приведенные затраты на получение 1 ц продукции по участкам:

$$S = E'_H K + C, \quad (4.12)$$

где  $C$  – себестоимость продукции.

3. Величина дифференциальной ренты, приходящейся на 1 ц получаемой продукции, может определяться также по формуле

$$R_{\text{пр}} = S_{\text{зам}} - S_{\text{инд}}, \quad (4.13)$$

где  $S_{\text{зам}}$  – замыкающие приведенные затраты;

$S_{\text{инд}}$  – индивидуальные приведенные затраты по участкам.

На втором этапе осуществляется экономическая оценка угодий по формуле

$$R_j = \max \sum Y_j L_j (Z_j - \bar{S}_j), \quad (4.14)$$

где  $R_j$  – размер годовой ренты с данного участка земли;

$Z_j$  – замыкающие затраты на единицу  $i$ -й культуры;

$\bar{S}_j$  – расчетные или приведенные затраты на производство  $i$ -й культуры;

$Y_j$  – урожайность  $i$ -й культуры;

$L_j$  – площадь, отводимая под  $i$ -ю культуру.

Дифференциальная рента 1 га сельскохозяйственных угодий равна

$$R_j = R_{\text{пр}} Y, \quad (4.15)$$

где  $R_{пр}$  – дифференциальная рента, приходящаяся на 1 ц получаемой продукции, долл./ц;

$У$  – урожайность 1 га, ц/га.

Экономическая оценка 1 га сельскохозяйственных угодий равна

$$P = \frac{R_j}{E_n}. \quad (4.16)$$

Общая экономическая оценка сельскохозяйственных угодий равна

$$P_0 = PL_j, \quad (4.17)$$

где  $L_j$  – площадь сельскохозяйственных земель, га.

Дифференциальная рента для земель с различной производительной способностью, отличающихся по биоклиматическим, почвенно-экономическим, экологическим и другим факторам, а также по агропроизводственным почвенным регионам, отнесенная к единице земельной площади, определяется по формуле

$$P_j = Y_{нi}(\Pi - C_{нi} - \Pi_n), \quad (4.18)$$

где  $P_j$  – дифференциальная рента по  $i$ -му оценочному почвенному району, долл./га;

$Y_{нi}$  – средняя урожайность ведущей культуры по  $i$ -му оценочному почвенному району, ц/га;

$\Pi$  – государственная закупочная цена на ведущую культуру, долл./га;

$C_{нi}$  – себестоимость единицы продукции по  $i$ -му оценочному почвенному району;

$\Pi_n$  – норматив прибыли на единицу продукции, долл./ц.

Дифференциальная рента по многолетним насаждениям может определяться по методике, аналогичной определению ренты пашни, а по сенокосам и пастбищам – на основе дифференциальной ренты пашни, умноженной на коэффициент, характеризующий отношение оценочных показателей продуктивности кормовых угодий и пашни.

Нормативы рентных платежей по региону в целом определяются как средневзвешенная величина по площадям оценочных групп почв сельскохозяйственных угодий по формуле

$$\overline{RL} = \frac{R_i L_i}{L_0}, \quad (4.19)$$

где  $RL$  – норматив рентных платежей по почвенному региону в целом на 1 га сельскохозяйственных угодий;

$L_i$  – площадь  $i$ -й оценочной группы почв;

$L_0$  – общая площадь сельскохозяйственных угодий региона;

$R_i$  – дифференциальная рента по  $i$ -му оценочному почвенному району, долл./га.

Государственная политика в области регулирования земельных отношений, а также использования и охраны земельных ресурсов осуществляется с помощью информации, содержащейся в государственном земельном кадастре – своде систематизированных сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель. Такая информация позволяет реализовать земельное законодательство, обеспечить регулирование земельных отношений и управление земельными ресурсами. Получаемые из государственного земельного кадастра данные используются при установлении прав на земельный участок, совершении сделки с участками, определении стоимости и размеров платежей за землю.

## 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды представляет собой экологическую составляющую затрат, которые вызваны отрицательным воздействием общества и производства на различные элементы природной среды. В результате такого воздействия среды может снижаться сбор продукции и ее качество, ухудшаться здоровье людей, ускоряться изнашивание основных производственных фондов и т. д. Поэтому под **экономическим ущербом**, наносимым окружающей среде, следует понимать выраженные в стоимостной форме

фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнением окружающей среды, или дополнительные затраты, предназначенные для компенсации этих убытков.

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды формируют три группы факторов:

1) влияния – характеризует степень загрязнения тем или иным элементом;

2) восприятия – представляет собой объекты, воспринимающие воздействие загрязнения;

3) состояния – отражает уровень нормативных показателей загрязняемого объекта.

На рис. 5.1 представлен механизм формирования экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Производственно-хозяйственная деятельность предприятий требует не только снижения размера техногенных воздействий на окружающую среду, но и использования полезных элементов, содержащихся в загрязнителях. Например, в золе ТЭС могут содержаться полезные редкоземельные элементы: бор, селен и др.



Рис. 5.1. Механизм формирования экономического ущерба от загрязнения окружающей среды

Для оценки экономического ущерба, наносимого народному хозяйству от загрязнения окружающей среды, можно использовать методику, основанную на учете удельного ущерба от единичного источника загрязнения в расчете на 1 т выбросов:

$$Y = \sum_{i=1}^m M_i \sum y_{zij} \cdot R_{zij} , \quad (5.1)$$

где  $y_{zij}$  – удельный ущерб в  $i$ -й зоне от выброса 1000 т  $j$ -го загрязняющего вещества в год, наносимый расчетной единице факторов  $Z$ , попадающих в зону загрязнения;

$R_{zij}$  – количество расчетных единиц факторов восприятия, падающих в зону загрязнения;

$M_i$  – суммарное количество  $i$ -го загрязняющего вещества.

Оценка экономического ущерба от загрязнения окружающей среды является сложной комплексной задачей, связанной с методологическими трудностями, так как для каждого комплекса природы и каждого реципиента необходимы свои индивидуальные методики расчета, требующие особых вычислений.

Существует три основных методических подхода при оценке экономического ущерба:

– метод прямого счета, базирующийся на сопоставлении затрат в исследуемом и контрольном районах;

– аналитический метод, основанный на использовании предварительно полученных математических зависимостей между показателями состояния реципиентов и уровнем загрязнения окружающей среды;

– эмпирический (укрупненный) метод, основанный на принципе перенесения общих закономерностей ущербобразующих факторов на частный исследуемый объект.

Расчет ущерба на  $i$ -м объекте может определяться по формуле

$$Y_{(t)} = \int_{t_1}^{t_2} y_i dt, \quad (5.2)$$

где  $y_i$  – ущерб на  $i$ -м объекте отрасли;

$t$  – время между оценками ущерба.

С целью упрощения расчетов экономического ущерба от загрязнения окружающей среды используется метод укрупненных расчетов.

Укрупненная экономическая оценка ущерба, вызываемого годовыми выбросами загрязнений в атмосферу, рассчитывается по формуле

$$Y = \gamma \sigma f M, \text{ долл./год}, \quad (5.3)$$

где  $\gamma$  – множитель, численное значение которого равно 2,4 долл./усл. т;

$\sigma$  – коэффициент, характеризующий фактор восприятия, безразмерная величина; принимается из табл. 1 приложения;

$f$  – коэффициент, характеризующий фактор влияния; безразмерная величина; учитывает рассеяние примеси в атмосфере.

Для газообразных и легких мелкодисперсных примесей с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/с)  $f$  определяется по формуле

$$f = f_1 = \frac{100 \text{ (м)}}{100 \text{ (м)} + \varphi h} \cdot \frac{4 \text{ (м/с)}}{1 \text{ (м/с)} + u}, \quad (5.4)$$

где  $h$  – геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню зоны активного загрязнения (ЗАЗ);

$\varphi$  – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосферу; безразмерная величина:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ \text{C}}, \quad (5.5)$$

где  $\Delta T$  – среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере;

$u$  – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с. В тех случаях, когда значение  $u$  неизвестно, оно принимается равным 3 м/с.

Значения  $f(h)$ , рассчитанные по формуле (5.4) при  $u \neq 3$  м/с, для некоторых значений  $\Delta T$  и  $h$  следует умножить на поправку

$$W = \frac{4 \text{ (м/с)}}{1 \text{ (м/с)} + u}.$$

Для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с:

$$f = f_2 = \frac{1000 \text{ (м)}}{60 \text{ (м)} + \varphi h} \cdot \frac{4 \text{ (м/с)}}{1 \text{ (м/с)} + u}. \quad (5.6)$$

Для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/с, независимо от значений  $h$ ,  $\varphi$ ,  $\Delta T$  и  $u$ ,  $f = f_3 = 10$ .

В случае, если распределение годовой массы выброса частиц (пыли, золы, жидких аэрозолей и т. д.) и массы выброса по фракциям в зависимости от скорости их оседания неизвестно, то после прохож-

дения частиц через фильтры с фактическим коэффициентом очистки (улавливания)  $\eta$  при  $\eta \geq 90\%$  имеет место равенство  $f = f_1$  (по формуле (5.4)); при  $70\% \leq \eta < 90\%$   $f = f_2$  (по формуле (5.5)); при  $\eta < 70\%$   $f = f_3$  (по формуле (5.6)); при выбросе частиц одновременно с парами воды или других веществ, сопровождающемся быстрой конденсацией, применяется формула (5.6). Эта формула также используется при оценке ущерба от выброса аэрозолей автотранспорта. В случае сжигания жидких и газообразных топлив, не сопровождающихся быстрой конденсацией, используется формула (5.5).

Значение приведенной массы годового выброса загрязняющих атмосферу веществ рассчитывается по формуле

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \quad (5.7)$$

где  $m_i$  – масса годового выброса примеси  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

$A_i$  – показатель относительной агрессивности примеси  $i$ -го вида, усл.т/т (табл. 2 приложения);

$N$  – общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу.

При оценке ущерба от выбросов вредных примесей в атмосферу по формуле (5.1) необходимо учитывать все выбрасываемые вещества, включая микропримеси, так как игнорирование какой-либо примеси может привести к занижению оценки ущерба.

Ущерб от выброса пыли следует определять на основе полного количественного анализа состава выбрасываемых пылей, включая токсичные канцерогенные примеси.

Использование водных ресурсов следует рассматривать не только в аспекте их потребления, но и в аспекте сброса сточных вод в реки и водоемы. Сточные воды, не прошедшие все стадии очистки: механическую, химическую, биологическую, – ухудшают качество речной воды и влияют на возможность ее использования другими отраслями.

Экономическая оценка ущерба от сброса загрязняющих примесей в  $k$ -й водоем некоторым источником рассчитывается по формуле

$$Y = \gamma \sigma_k M, \text{ долл./год}, \quad (5.8)$$



где  $\gamma$  – множитель, численное значение которого равно 400 долл./год;

$\sigma_k$  – константа, имеющая разное значение для различных водохозяйственных участков; безразмерная величина; значение  $\sigma$  приведено в табл. 4 приложения;

$M$  – приведенная масса годового сброса примесей данным источником в  $k$ -й водохозяйственный объект:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \text{ усл.т/год}, \quad (5.9)$$

где  $i$  – номер сбрасываемой примеси;

$N$  – общее число примесей, сбрасываемых в источник загрязнения;

$A_i$  – показатель относительной опасности сброса  $i$ -го вещества в водоемы; его значение приведено в табл. 5 приложения;

$m_i$  – общая масса годового сброса  $i$ -й примеси в оцениваемый источник.

При сбросе в водоем сточных вод нескольких типов, различающихся степенью очистки, следует определить общую массу годового сброса  $i$ -й примеси:

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{ij}, \text{ т/год}, \quad (5.10)$$

где  $m_{ij}$  – масса годового поступления  $i$ -го вещества в водоем от данного источника со сточными водами  $j$ -го типа;  $j = 1, 2, \dots, k$ .

Если сточные воды  $j$ -го типа сбрасываются в водоем только от оцениваемого источника (без смешения со сточными водами других источников) и величина концентраций  $i$ -й примеси  $C_{ij}$  (г/м<sup>3</sup>) в поступающих в водоем сточных водах  $j$ -го типа в течение года относительно постоянна, то масса годового поступления  $i$ -го вещества со сточными водами  $j$ -го типа  $m_{ij}$  приближенно рассчитывается по формуле

$$m_{ij} = C_{ij} \omega_j, \text{ т/год}, \quad (5.11)$$

где  $v_j$  – объем годового сброса сточных вод  $j$ -го типа данным источником в водоем, млн м<sup>3</sup>/год.

В случае, если на городские или региональные (коллективные) очистные сооружения поступают сточные воды от нескольких источников  $L$  и очистные сооружения удерживают  $\rho_i$  % от общей массы  $i$ -го вещества, поступившего в очистные сооружения от всех источников  $L$  за год, а  $(100 - \rho_i)$  % сбрасывается в водоем, то масса годового сброса  $i$ -го вещества в водоем от  $l$ -го определяется по формуле

$$m_{il} = \frac{100 - \rho_i}{100} \cdot m_{i\rho}, \text{ т/год}, \quad (5.12)$$

где  $m_{i\rho}$  – масса  $i$ -го загрязняющего вещества, поступающего на очистные сооружения.

Численное значение величины  $A_i$  для каждого загрязняющего вещества, которого нет в приложении, можно рассчитать по формуле

$$A_i = \frac{1 (\text{г/м}^3)}{\text{ПДК}_{p(xi)} (\text{г/м}^3)}, \text{ усл.т/т}, \quad (5.13)$$

где ПДК <sub>$p(xi)$</sub>  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в водных объектах, используемых для рыбохозяйственных целей.

## 6. РАСЧЕТ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ

Производство тепловой и электрической энергии является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Природными ресурсами для производства электроэнергии являются уголь, газ, нефть, уран, вода и др.

При расчете максимальных выбросов загрязняющих веществ значение расходов топлива учитывается исходя из наибольшей элек-

трической и тепловой нагрузки электростанции за рассматриваемый период.

### 6.1. Выбросы твердых частиц

В продуктах сгорания топлива содержатся твердые частицы золы, остатки несгоревшего топлива (унос). Количество золы, содержащейся в продуктах сгорания топлива и выбрасываемое в атмосферу, зависит от зольности топлива, технологии его сжигания, конструкции золоуловителей и других факторов.

Массовый выброс летучей золы в атмосферу с уходящими газами при сжигании твердого и жидкого топлива рассчитывается с учетом механического недожога топлива, содержащегося в золе уноса:

$$M_3 = 10(A^p + q_4) \cdot B a_{\text{ун}} (1 - \eta_3), \text{ г/с}, \quad (6.1)$$

где  $A^p$  – зольность топлива на рабочую массу;

$q_4$  – потеря тепла от механического недожога, %;

$B$  – расход натурального топлива, кг/с;

$a_{\text{ун}}$  – доля золы, уносимая продуктами сгорания;

$\eta_3$  – степень очистки дымовых газов.

### 6.2. Выбросы оксидов серы

При сжигании сернистых топлив суммарное количество оксидов серы  $SO_x = SO_2 + SO_3$  принято определять в пересчете на диоксид серы  $SO_2$ .

Массовый выброс оксидов серы  $M_{SO_2}$ , исходя из балансового стехиометрического выражения, равен

$$M_{SO_2} = B \cdot 10^3 \frac{S^p}{100} \frac{M_{SO_2}}{M_S} (1 - \varphi_S) = 20 B S^p (1 - \varphi_S), \text{ г/с}, \quad (6.2)$$

где  $S^p$  – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

$M_S$  и  $M_{SO_2}$  – соответственно молекулярные массы серы и ее двуокиси;

$\varphi_S$  – доля серы, связанная золой и шлаком в процессе сжигания топлива.

Коэффициент  $\varphi_S$  для большинства каменных и бурых углей с достаточной степенью точности можно принять равным 0,1; для торфа – 0,15; сланцев – 0,5; мазута – 0,02; газа – 0.

Для ТЭС, оборудованных сероулавливающими установками, массовый выброс  $SO_2$  равен

$$M_{SO_2} = 20BS^p(1 - \varphi_S)(1 - \eta_S), \text{ г/с}, \quad (6.3)$$

где  $\eta_S$  – степень очистки уходящих газов в сероулавливающей установке.

### 6.3. Монооксид углерода CO

В результате несовершенства технологии сжигания образуется монооксид углерода. Количество окиси углерода, выбрасываемое в атмосферу, может быть рассчитано по формуле

$$M_{CO} = 0,001Q_{CO}B(1 - q_4/100), \text{ г/с}, \quad (6.4)$$

где  $B$  – расход натурального топлива, кг/с ( $\text{м}^3/\text{с}$ );

$q_4$  – потери от механической неполноты горения, %;

$Q_{CO}$  – удельный массовый выход оксида углерода при сжигании твердого, жидкого (кг/т) или газообразного (кг/тыс.  $\text{м}^3$ ) топлива, определяемый по формуле

$$\Delta Q_{CO} = \frac{q_3 R Q_H^p}{1,013}, \quad (6.5)$$

где  $q_3$  – потери теплоты от химической неполноты сгорания, %;

$R$  – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания, обусловленной содержанием

ем CO в продуктах сгорания; для твердых топлив  $R = 1$ ; для жидких топлив  $R = 0,65$ ; для газов  $R = 0,5$ ;

$Q_{\text{H}}^{\text{P}}$  – низшая теплота сгорания натурального топлива.

Кроме того, общее количество окиси углерода может быть рассчитано по формуле

$$M_{\text{CO}} = jK_{\text{CO}}B_{\text{p}}, \quad (6.5')$$

где  $j$  – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окиси углерода конструкции котла и режима горения;

$K_{\text{CO}}$  – выход окиси углерода на 1 т сжигаемого твердого, жидкого топлива или 1 тыс. м<sup>3</sup> газа, кг/т или кг/тыс. м<sup>3</sup>;

$B_{\text{p}} = B(1 - q_4 / 100)$  – расчетный расход топлива, кг/с или м<sup>3</sup>/с.

Для котлов производительностью выше 75 т/ч  $K_{\text{CO}} = 9,6$  для мазута;  $K_{\text{CO}} = 9,3$  для газа. В работе [13] приведены также другие значения  $K_{\text{CO}}$ .

При нормальных условиях работы котла и нормативных значениях коэффициента избытка воздуха  $\alpha_m$   $j = 1$ ; при  $\alpha_m < \alpha_m^{\text{H}}$   $j = \frac{\alpha_m}{\alpha_m^{\text{H}}}$ ;

при  $\alpha_m > \alpha_m^{\text{H}}$   $j = 0$ .

#### 6.4. Выбросы оксидов углерода и углеводорода от газотурбинных установок

Общее количество оксида углерода и углеводородов в пересчете на метан  $M_{\text{CO}}$  и  $M_{\text{CH}_4}$ , г/с, выбрасываемых в атмосферу с уходящими газами ГТУ, вычисляют по формулам

$$M_{\text{CO}} = I_{\text{CO}}B, \quad (6.6)$$

$$M_{\text{CH}_4} = I_{\text{CH}_4}B, \quad (6.6')$$

где  $B$  – расход топлива, поступающего в камеру сгорания, кг/с;

$I_{\text{CO}}$ ,  $I_{\text{CH}_4}$  – удельные выбросы CO и CH<sub>4</sub>.

$$I_{\text{CO}} = a_{\text{CO}} q_3^{\text{CO}} \eta_{\text{CO}}, \quad (6.7)$$

$$I_{\text{CH}_4} = a_{\text{CH}_4} q_3^{\text{CH}_4} \eta_{\text{CH}_4}, \quad (6.7')$$

где  $a_{\text{CO}}$ ,  $a_{\text{CH}_4}$ ,  $\eta_{\text{CO}}$ ,  $\eta_{\text{CH}_4}$  – коэффициенты, зависящие от вида сжигаемого топлива; приведены в табл. 6.1;

$q_3$  – потери от химического недожога горения;  $q_3 = 0,1-0,5$  % для рабочих режимов;  $q_3 = 1-3$  % для переменных режимов.

Таблица 6.1

Значение коэффициентов

Вид топлива	$a_{\text{CO}}$	$a_{\text{CH}_4}$	$\eta_{\text{CO}}$	$\eta_{\text{CH}_4}$
Природный газ	22,8	5,01	0,6	1,2
Дизельное и газотурбинное	30,8	2,5	1,0	1,0

### 6.5. Выбросы диоксида углерода

Выбрасываемое в атмосферу количество диоксида углерода, образующегося в процессе сжигания органического топлива, зависит от вида топлива, состава, конструкции топочного устройства, режима горения и определяется по формулам:

а) для твердого и жидкого топлива

$$M_{\text{CO}_2}^{\text{т.ж}} = 3,67 \cdot 0,01 C^{\text{P}} B \left(1 - \frac{q_3}{100}\right) \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \text{ г/с}, \quad (6.8)$$

где  $C^{\text{P}}$  – содержание углерода в рабочей массе топлива, %;

$B$  – расход натурального топлива, кг/с;

$q_3$  – потери теплоты от химического недожога, %;

$q_4$  – потери тепла от механического недожога, %.

б) для газообразного топлива

$$M_{\text{CO}_2}^{\text{г}} = 1,964 \cdot 0,01 \left[ C_{\text{CO}} + \sum m(C_{\text{C}_{m}\text{H}_n}) + C_{\text{CO}_2} \right] \cdot B \left(1 - \frac{q_3}{100}\right) \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \text{ г/с}, \quad (6.9)$$

где  $C_{CO}$ ,  $C_{C_mH_n}$ ,  $C_{CO_2}$  – содержание в топливе оксида углерода, углеводородов, диоксида углерода, %;

$B$  – расход натурального топлива, м<sup>3</sup>/с;

1,964 – удельная плотность диоксида углерода, кг/м<sup>3</sup>.

Расход топлива на ТЭС определяется по формуле

$$B_{ТЭС} = \epsilon_{уд} \cdot N = \frac{0,123}{\eta_{ТЭС}} \cdot \frac{Q_{НУ}^p}{Q_{НН}^p} \cdot \frac{N}{3600}, \text{ кг/с}, \quad (6.10)$$

где  $\epsilon_{уд}$  – удельный расход условного топлива на 1 кВт·ч;

$\eta_{ТЭС}$  – КПД ТЭС;

$Q_{НУ}^p$ ,  $Q_{НН}^p$  – низшая теплота сгорания условного и натурального топлива соответственно, кДж/кг;

$N$  – электрическая мощность ТЭС, кВт.

Расход топлива на котлоагрегат определяется по формуле

$$B_{ка} = \frac{Q_{ка}}{\eta_{ка} Q_H^p}, \text{ кг/с}, \quad (6.11)$$

где  $Q_{ка}$  – тепловая нагрузка котлоагрегата, кВт.

$$Q_{ка} = D_{ка} (i_{пп} - i_{пв}) + D_{пр} (i_{пр} - i_{пв}), \quad (6.12)$$

где  $D_{ка}$  – паропроизводительность котлоагрегата в соответствии с расходом пара на турбине и учетом утечек (1,5 %), кг/с;

$D_{пр}$  – расход воды на продувку котла (2 %), кг/с;

$i_{пп}$  – энтальпия перегретого пара, кДж/кг;

$i_{пв}$  – энтальпия питательной воды, кДж/кг;

$i_{пр}$  – энтальпия продувочной воды, кДж/кг.

Расход топлива водогрейными и пароводогрейными котлами

$$B = \frac{Q_k}{\eta_k Q_{НН}^p}, \text{ кг}, \quad (6.13)$$

где  $Q_k$  – теплопроизводительность котлоагрегата, кВт;

$Q_{\text{HH}}^p$  – низшая теплота сгорания натурального топлива, кДж/кг;

$\eta_k$  – КПД водогрейных котлов.

### 6.6. Выбросы оксидов азота

В процессе высокотемпературного сжигания топлива азот воздуха становится реакционноспособным и в соединении с кислородом образует окислы.

Образование окислов при сжигании топлива может происходить вследствие разложения и окисления азота, содержащегося в топливе. Азот с кислородом может образовывать следующие соединения: закись азота  $N_2O$ ; окись азота  $NO$ ; азотный ангидрид  $N_2O_3$ ; двуокись азота  $NO_2$ ; четырехокись азота  $N_2O_4$ ; азотный ангидрид  $N_2O_5$ .

Выброс окислов азота в атмосферу может определяться по формуле

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-4} K_{NO_2} \beta B_T Q_{\text{HH}}^p, \text{ г/с}, \quad (6.14)$$

где  $K_{NO_2}$  – выход окислов азота (в пересчете на  $NO_2$ ) на 1 т условного топлива, кг/т.у.т.;

$\beta$  – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота вида топлива, конструктивных особенностей котла и специальных мероприятий по снижению образования оксидов азота в топке. Для действующих энергетических и водогрейных котлов  $\beta = 1$ .

Значение  $K_{NO_2}$  для энергетических котлов паропроизводительностью 20,8–138,9 кг/с (75–500 т/ч) вычисляется по формуле

$$K_{NO_2} = \frac{100D}{1000 + 3,6D}, \text{ кг/т.у.т.} \quad (6.15)$$

Для котлов паропроизводительностью ниже 20,8 кг/с (75 т/ч) для твердых топлив

$$K_{NO_2} = \frac{15,8D}{75}, \text{ кг/т.у.т.} \quad (6.16)$$



При сжигании газа и мазута

$$K_{\text{NO}_2} = \frac{8,6D}{75}, \text{ кг/т.у.т.}, \quad (6.17)$$

где  $D$  – номинальная паропроизводительность котлоагрегата, кг/с.

Для водогрейных котлов тепловой мощностью 180–30 Гкал/ч  
 $K_{\text{NO}_2} = 2,3\text{--}1,8$  кг/т.у.т.

### ***Выбросы оксидов азота от газотурбинных установок***

Общее количество оксидов азота  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в пересчете на диоксид азота отработанных газов, выбрасываемых в атмосферу, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{NO}_2} = I_{\text{NO}_2} B, \text{ г/с}, \quad (6.18)$$

где  $B$  – расход топлива в камере сгорания, кг/с;

$I_{\text{NO}_2}$  – удельный выброс  $\text{NO}_x$ , т/кг.

$$I_{\text{NO}_x} = C_{\text{NO}_x} V_{\Gamma}, \quad (6.19)$$

где  $C_{\text{NO}_x}$  – концентрация оксидов азота в отработанных газах в пересчете на  $\text{NO}_x$  при нормальных условиях, г/м<sup>3</sup>.

$$V_{\Gamma} = V_{\Gamma}^0 + 0,984(\alpha_{\text{ог}} - 1)V^0 - V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (6.20)$$

где  $V_{\Gamma}^0$  – теоретический объем газов, м<sup>3</sup>/кг;

$V^0$  – теоретический объем воздуха, м<sup>3</sup>/кг;

$\alpha_{\text{ог}}$  – коэффициент избытка воздуха в отработанных турбиной газах;

$V_{\text{H}_2\text{O}}^0$  – объем водяных паров в уходящих газах, м<sup>3</sup>/кг.

## **6.7. Выбросы пятиокиси ванадия**

Образующаяся при сжигании сернистых мазутов пятиокись ванадия с учетом эффективности работы золоуловителей определяется по формуле

$$M_{V_2O_5} = B \cdot 10^3 \frac{V^P}{100} \cdot \frac{\mu_{V_2O_5}}{\mu_V} (1 - \eta_3) \cdot \zeta_{V_2O_5}, \text{ г/с}, \quad (6.21)$$

где  $V^P$  – содержание ванадия в мазуте, %;

$\mu_V, \mu_{V_2O_5}$  – соответственно молекулярные массы ванадия и его пятиоксида;

$\zeta_{V_2O_5}$  – коэффициент уноса пятиоксида ванадия с дымовыми газами; для обычных условий работы котла  $\zeta_{V_2O_5} = 0,75$ ;

$\eta_3$  – КПД золоуловителя для мазутных котлов.

### 6.8. Выбросы канцерогенных веществ

В продуктах сгорания обнаружен ряд соединений класса полициклических ароматических углеводородов, обладающих канцерогенными свойствами. Наибольшей канцерогенной активностью обладает бенз(а)пирен ( $C_{20}H_{12}$ ) – твердое кристаллическое вещество в виде игол бледно-желтого цвета. В продуктах сгорания топлив может присутствовать бенз(е)пирен, бензперилен и другие ПАУ.

Выброс бенз(а)пирена в атмосферу определяется по формуле

$$M_{\text{бп}} = q_{\text{бп}} V_{\Gamma} \cdot 10^{-8}, \text{ г/с}, \quad (6.22)$$

где  $q_{\text{бп}}$  – концентрация бенз(а)пирена в дымовых газах, мкг/100 м<sup>3</sup>;

$V_{\Gamma}$  – объемный расход уходящих газов, м<sup>3</sup>/с.

Концентрация бенз(а)пирена при сжигании мазута  $q_{\text{бп}} \approx \approx 10\text{--}30$  мкг/100 м<sup>3</sup>; для газа  $q_{\text{бп}} \approx 3$  мкг/100 м<sup>3</sup>.

$$V_{\Gamma} = \left[ V_{\Gamma}^0 + 1,0161(t_{\text{yx}} - 1)V^0 \right] B_{\text{P}} \frac{t_{\text{yx}} + 273}{273}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6.23)$$

где  $V_{\Gamma}^0$  и  $V^0$  – теоретические объемы продуктов сгорания топлива и воздуха, необходимого для полного сгорания,  $\text{мм}^3/\text{кг}$ ;

$t_{\text{yx}}$  – температура уходящих газов,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$B_p$  – рабочий расход топлива,  $\text{кг/с}$ .

## 7. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

### 7.1. Экономический эффект природоохранных мероприятий

Экономический результат средозащитных одноцелевых мероприятий выражается в величине предотвращаемого или годового экономического ущерба от загрязнения среды ( $\Pi$ ), а для многоцелевых средозащитных мероприятий представляет сумму указанной величины  $\Pi$  и годового прироста дохода (дополнительного дохода) от улучшения производственных результатов деятельности предприятий ( $\Delta\text{Д}$ ):

$$P = \Pi + \Delta\text{Д}. \quad (7.1)$$

Величина предотвращаемого экономического ущерба от загрязнения среды определяется разностью расчетных величин ущерба до осуществления рассматриваемого мероприятия ( $Y_1$ ) и остаточного ущерба после проведения этого мероприятия ( $Y_2$ ):

$$\Pi = Y_1 - Y_2. \quad (7.2)$$

Годовой прирост дохода вследствие улучшения производственных результатов при проведении многоцелевого средозащитного мероприятия рассчитывается по формуле

$$\Delta\text{Д} = \sum_{j=1}^n q_j z_j - \sum_{i=1}^m q_i z_i, \quad (7.3)$$

где  $q_i$  – количество товарной продукции  $i$ -го вида (качества), получаемой и реализуемой до осуществления оцениваемого мероприятия;

$q_j$  – то же после осуществления мероприятия;

$z_j(z_i)$  – оценка единицы  $j$ -й ( $i$ -й) продукции.

Если величины годовых затрат и результатов в сравниваемых вариантах средозащитных мероприятий примерно одинаковы, а годовые затраты и результаты в период эксплуатации существенно не изменяются во времени, то годовой чистой экономической эффект для лучшего варианта рассчитывается по формуле

$$R = (P - Z) \rightarrow \max, \quad (7.4)$$

где  $Z = C + E_n K \rightarrow \min$ ;

$C$  – годовые эксплуатационные затраты;

$K$  – капиталовложения в мероприятие;

$E_n = 0,15$ ;

$P$  – экономический результат средозащитных мероприятий.

Для сравнения вариантов средозащитных мероприятий объектов, которые характеризуются неодинаковыми сроками строительства (реконструкции) и (или) разными проектными сроками эксплуатации и отличаются величинами годовых результатов, предлагается формула

$$R_C = \sum_{t=\tau}^T \frac{P_t}{(1 + E_{мп})^{t-t_s}} - Z_{\Sigma} \rightarrow \max, \quad (7.5)$$

где  $\tau$  – год начала действия мероприятий;

$T$  – год завершения действия мероприятия;

$P_t$  – экономический результат  $t$ -го года;

$E_{мп}$  – нормативный коэффициент приведения дисконтирования;

$Z_{\Sigma}$  – суммарные затраты (за период строительства и эксплуатации).

Благодаря предотвращению или уменьшению загрязнения окружающей среды сокращается заболеваемость населения (с частичной или полной утратой трудоспособности), что ведет к снижению потерь чистой продукции. Тогда экономический эффект будет определяться по формуле

$$\mathcal{E}_{\eta n} = Ч \cdot Б(p_2 - p_1), \quad (7.6)$$

где  $Ч$  – средняя величина чистой продукции, приходящейся на один отработанный человеко-день;

$Б$  – количество трудящихся, перенесших заболевания или отвлеченных по уходу за больными членами семьи по причинам, вызванным загрязнением окружающей среды;

$p_1, p_2$  – среднегодовое количество человеко-дней работы одного трудящегося до и после проведения средозащитного мероприятия.

Сокращение затрат в сфере здравоохранения на лечение трудящихся от болезней, вызванных загрязнением окружающей среды:

$$\mathcal{E}_{зд} = (Z_a \cdot B_a \cdot D_a) + (Z_c \cdot B_c \cdot D_c), \quad (7.7)$$

где  $Z_a, Z_c$  – средние затраты в сфере здравоохранения на один день лечения в амбулаторных условиях или стационаре;

$B_a, B_c$  – количество больных, лечившихся от заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды, в тех же условиях;

$D_a, D_c$  – среднее количество дней болезни одного больного в тех же условиях.

Эффект от предотвращения преждевременного износа основных фондов при работе оборудования в загрязненной среде состоит из экономии затрат на текущие и капитальные ремонты, связанные с проведением природоохранных мероприятий, а также из прироста прибыли от увеличения сроков службы оборудования:

$$\mathcal{E}_{об} = \phi K_p (T_2 - T_1), \quad (7.8)$$

где  $\phi$  – стоимость оборудования;

$K_p$  – коэффициент рентабельности основных фондов;

$T_1, T_2$  – продолжительность работы оборудования соответственно до и после проведения мероприятия.

Эффект от повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий (или от предотвращения ее снижения) определяется по разности экономической оценки угодий до и после проведения природоохранного мероприятия:

$$\mathcal{E}_c = (O_2 - O_1)M, \quad (7.9)$$

где  $O_1, O_2$  – годовая экономическая оценка сельскохозяйственных угодий до и после осуществления мероприятий, долл./га;

$M$  – площадь, на которую распространяется действие природоохранного мероприятия.

Эффект от повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий может определяться по среднегодовому приросту прибыли (при изменении себестоимости продукции у землепользователя после проведения природоохранных мероприятий):

$$\mathcal{E}_{cx} = \Gamma_2(\mathcal{C} - C_2) - \Gamma_1(\mathcal{C} - C_1), \quad (7.10)$$

где  $\Gamma_1, \Gamma_2$  – средняя многолетняя годовая продукция с площади, охваченной природоохранным мероприятием, соответственно до и после его проведения, ед. продукции;

$C_1, C_2$  – себестоимость единицы продукции соответственно до и после проведения природоохранного мероприятия;

$\mathcal{C}$  – оптовая (закупочная) цена реализуемой продукции.

## 7.2. Оценка выбора и обоснование варианта проведения природоохранных мероприятий

Для сравнения вариантов проведения природоохранных мероприятий в технико-экономических расчетах широкое распространение получили следующие показатели:

1. Коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений

$$E = \frac{S_1 - S_2}{K_2 - K_1} \geq E_n, \quad (7.11)$$

где  $S_1, S_2$  – годовые издержки;

$K_1, K_2$  – капитальные вложения;

$E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент эффективности.

2. Расчетный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T = \frac{K_2 - K_1}{S_1 - S_2} \leq T_n, \quad (7.12)$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости.

3. Минимум приведенных затрат

$$Z = S + E_n K \rightarrow \min. \quad (7.13)$$

Приведенные затраты по формуле (7.13) подсчитываются в случае, когда капиталовложения осуществляются в один год, а ежегодные эксплуатационные издержки являются постоянными.

В тех случаях, когда капитальные вложения в природоохранные мероприятия по сравниваемым вариантам осуществляются в разные сроки, а текущие издержки изменяются по времени, расчет эффективности мероприятия производится приведением более поздних лет к текущему моменту времени путем применения коэффициента учета разновременности затрат.

Приведенные к году  $\tau$  затраты могут быть подсчитаны по формуле

$$Z = \sum_{i=1}^m (E_n K_i + \Delta S_i) (1 + E_m)^{\tau-1} \rightarrow \min, \quad (7.14)$$

где  $K_i$  – капиталовложения в год  $i$ ;

$\Delta S_i$  – прирост ежегодных издержек в год  $i$ ;  $\Delta S_i = S_{i+1} - S_i$ ;

$E_m$  – коэффициент приведения;

$m$  – число лет, в течение которых производятся капиталовложения или изменяются ежегодные издержки;

$\tau$  – год приведения затрат.

**Методы оценки инвестиций (капиталовложений), основанные на дисконтировании денежных поступлений:**

1. Метод определения чистой текущей стоимости:

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 > 1. \quad (7.15)$$

Если предусматриваются не разовые инвестиции, т. е. инвестиции осуществляются по частям, то

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{CF_{(t)}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^t \frac{I_t}{(1+r)^t} > 1, \quad (7.16)$$

где  $CF$  – денежные доходы от реализации природоохранного мероприятия;

$I_t$  – инвестиции в природоохранные мероприятия;

$r$  – внутренняя норма дисконтирования (прибыльности).

2. Метод расчета рентабельности инвестиций:

$$PI = \left[ \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \right] / I_0, \quad (7.17)$$

или

$$PI = \left[ \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \right] / \left[ \sum_{t=1}^t \frac{I_t}{(1+r)^t} \right]. \quad (7.18)$$

3. Метод расчета внутренней нормы дисконтирования (прибыли):

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0. \quad (7.19)$$

4. Метод расчета периода окупаемости:



$$PP = \frac{I_0}{CF_t^\Sigma}, \quad (7.20)$$

где  $CF_t^\Sigma$  – годовая сумма денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта природоохранных мероприятий.

Сравниваться должны взаимозаменяемые варианты, обеспечивающие одинаковое удовлетворение определенных потребностей (минимум воздействия на природу).

Рассматриваемые варианты должны быть уравнены по производительности и влиянию на качество окружающей природной среды.

Все технико-экономические показатели мероприятий, включенные в сопоставляемые варианты, должны подсчитываться применительно к одному и тому же уровню цен.

## **ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

## Задача № 1

Определить эффективность мероприятий по снижению выбросов пыли на КЭС. Снижение выбросов –  $20 \cdot 10^3$  т/год. Показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха  $\sigma = 8$ . Коэффициент, учитывающий характер рассеяния в атмосфере,  $f = 2$ . Показатель относительной агрессивности  $A_j = 40$  усл. т/т. Дополнительные капитальные затраты в мероприятия по снижению выбросов пыли  $K_q = 10 \cdot 10^6$  долл., эксплуатационные издержки  $S_q = 1 \cdot 10^6$  долл./год.

### Решение

Определяем снижение ущерба за счет внедрения мероприятий по снижению выбросов пыли на КЭС:

$$\Delta Y = \gamma \sigma f \Delta M, \text{ долл./год.}$$

$\gamma$  – множитель, численное значение которого равно 2,4 долл./усл. т;  $\sigma = 8$ ;  $f = 2$ . Приведенная масса выбросов  $\Delta M = A_j \Delta m_j$ , усл. т/год; показатель относительной опасности  $A_j = 40$  усл. т/т (табл. 3 приложения);  $\Delta m_j = 20 \cdot 10^3$  т/год.

$$\Delta Y = 2,4 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 10^3 = 30\,720\,000 \text{ долл./год.}$$

Минимум расчетных или приведенных затрат

$$Z = S_q + E_n K_q = 1 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 10 \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ долл./год;}$$

$E_n = 0,15$  – нормативный коэффициент эффекта.

Эффект от снижения ущерба

$$\mathcal{E} = \Delta Y - Z = 30,72 \cdot 10^6 - 2,5 \cdot 10^6 = 28,22 \cdot 10^6 \text{ долл./год.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K_q}{7} = \frac{10 \cdot 10^6}{28,22 \cdot 10^6} \approx 0,35 \text{ года.}$$

Чистая текущая стоимость

$$NPV = \sum_{t=1}^t \frac{\text{Э}}{(1+r)^t} - K_q = \frac{28,22 \cdot 10^6}{1+0,1} - 10 \cdot 10^6 = 15,65 \cdot 10^6 \text{ долл.}$$

### Задача № 2

Определить величины выбросов сернистого ангидрида  $\text{SO}_2$  от пылеугольной КЭС мощностью 500 МВт, КПД КЭС – 40 %; теплота сгорания угля  $Q_{\text{нн}}^p = 16\,000$  кДж/кг. Содержание серы в топливе  $S^p = 0,5\%$ ; доля серы, связанная золой,  $\varphi_S = 0,3$ . Степень очистки дымовых газов от  $\text{SO}_2$   $\eta_{\text{SO}_2} = 0,8$ .

### Решение

Определяем расход топлива на КЭС

$$B = \frac{0,123}{\eta_{\text{КЭС}}} \frac{N \cdot Q_{\text{нн}}^p}{Q_{\text{нн}}^p} \cdot \frac{1}{3600} = \frac{0,123}{0,4} \cdot \frac{500\,000 \cdot 29\,300}{16\,000 \cdot 3600} = 78 \text{ кг/с.}$$

Массовый выброс сернистого ангидрида на КЭС определяем по формуле

$$\begin{aligned} M_{\text{SO}_2} &= 20 \cdot B \cdot S^p (1 - \varphi_S)(1 - \eta_{\text{SO}_2}) = 20 \cdot 78 \cdot 0,5(1 - 0,3)(1 - 0,8) = \\ &= 109,2 \text{ г/с или } 393 \text{ кг/ч.} \end{aligned}$$

### Задача № 3

Пылеугольная КЭС выбрасывает в окружающую среду 2500 т/год сернистого ангидрида  $SO_2$ . Показатель относительной опасности  $\sigma = 8$ . Показатель, учитывающий фактор рассеяния в атмосферу,  $f = 2$ . Дополнительные капитальные вложения в сероулавливающие устройства  $K_q = 2 \cdot 10^6$  долл., дополнительные эксплуатационные издержки составляют  $S_q = 0,2 \cdot 10^6$  долл./год. Определить эффективность сероулавливающих установок. Показатель относительной агрессивности для  $SO_2$   $A_{SO_2} = 22$  усл.т/т.

### **Решение**

Снижение ущербов за счет внедрения мероприятий, обеспечивающих снижение выбросов сернистого ангидрида

$$\Delta Y = \gamma \sigma f M.$$

$\gamma = 2,4$  долл./усл.т – константа для оценки ущерба годовых выбросов.

Приведенная масса годовых выбросов

$$M = A_{SO_2} \cdot m_{SO_2} = 22 \cdot 2500 = 55\,000 \text{ усл.т/год.}$$

$$\Delta Y = 2,4 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 55\,000 = 2,112 \cdot 10^6 \text{ долл./год.}$$

Определяем годовой ущерб, наносимый выбросами сернистого ангидрида окружающей среде,  $m^3$ :

$$\Delta Z = S_q + E_H K_q = 0,2 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 2 \cdot 10^6 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ долл./год ;}$$

$$\Delta \Pi = \Delta Y - \Delta Z = 2,112 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 10^6 = 1,612 \cdot 10^6 \text{ долл./год ;}$$

$$E = \frac{\Delta \Pi}{K_q} = \frac{1,612 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6} = 0,8.$$

### **Задача № 4**

Определить эффективность мероприятий очистки сточных вод в бассейне реки Днепр, если годовой сброс сточных вод составляет  $D_{\text{год}} = 5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ . Концентрация масла до очистки –  $3 \text{ г}/\text{м}^3$ , а после очистки –  $0,5 \text{ г}/\text{м}^3$ ; коэффициент относительной опасности  $\sigma = 1,75$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_i = 20 \text{ усл.т/т}$ . Дополнительные капиталовложения в мероприятия по очистке сточных вод составили  $K_q = 0,1 \cdot 10^6 \text{ долл.}$ , а эксплуатационные издержки  $S_q = 0,01 \cdot 10^6 \text{ долл./год}$ .

### ***Решение***

Годовой ущерб, наносимый водному бассейну:

$$Y = \gamma \sigma M,$$

где  $\gamma = 400 \text{ долл./усл.т}$  – константа для оценки ущерба от годовых сбросов в водоем.

Определим приведенную массу годового сброса:

$$M = A_i m_i,$$

где  $A_i$  – показатель относительной агрессивности –  $20 \text{ усл.т/т}$ ;

$m_i = D(c_n - c_k)$  – масса вредных выбросов в водоем;

$D$  – годовой сброс сточных вод,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $c_n = 3 \text{ г}/\text{м}^3$  – начальная концентрация масла;  $c_k = 0,5 \text{ г}/\text{м}^3$  – конечная концентрация масла.

$$m_i = 5 \cdot 10^6 \cdot (3 - 0,5) = 12,5 \cdot 10^6 \text{ г/год или } 12,5 \text{ т/год.}$$

Приведенная масса вредных выбросов в водоем

$$M = A_i m_i = 20 \cdot 12,5 = 250 \text{ усл.т/год.}$$

Предотвращенный ущерб

$$\Delta Y = \gamma \sigma M = 400 \cdot 1,75 \cdot 250 = 175\,000 \text{ долл./год.}$$

Приведенные затраты в очистные мероприятия

$$З = S_q + E_n K_q = 0,01 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 0,1 \cdot 10^6 = 0,025 \cdot 10^6 \text{ долл./год.}$$

Эффект от внедрения водоохранных мероприятий

$$\Xi = \Delta Y - З = 175\,000 - 25\,000 = 150\,000 \text{ долл./год.}$$

Срок окупаемости водоохранных мероприятий

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_q}{\Xi} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{0,15 \cdot 10^6} = 0,66 \text{ года.}$$

Чистый дисконтированный доход

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^1 \frac{\Delta Y - З}{(1+r)^i} - K_q = \frac{0,15 \cdot 10^6}{1+0,1} - 0,1 \cdot 10^6 = 0,036 \cdot 10^6, \text{ долл.,}$$

где  $r = 0,1$  – норма дисконтирования.

Индекс доходности

$$\text{ИД} = \sum_{i=0}^1 \frac{\Delta Y - З}{(1+r)^i} / K_q = 1,36.$$

Мероприятие эффективно.

### Задача № 5

На ТЭС проведены мероприятия по снижению оксидов азота на  $\Delta m_i = 4 \cdot 10^3$  т/год. Определить эффективность этих мероприятий, если коэффициент относительной опасности  $\sigma = 3$ ; коэффициент

рассеяния в атмосфере  $f = 2,9$ ; показатель относительной агрессивности  $A_j = 41$  усл.т/т. Дополнительные капиталовложения в мероприятия по снижению выбросов оксидов азота  $K_q = 2 \cdot 10^6$  долл., а эксплуатационные расходы  $S_q = 0,2 \cdot 10^6$  долл./год.

### ***Решение***

Определяем приведенную массу выбросов оксидов азота:

$$M_{\text{NO}_x} = A_{\text{NO}_x} \Delta m_{\text{NO}_x} = 41 \cdot 4 \cdot 10^3 = 164\,000 \text{ т.}$$

Определяем снижение годового ущерба от снижения выбросов оксидов азота:

$$\Delta Y = \gamma \sigma f M_{\text{NO}_x}, \text{ долл./год,}$$

где  $\gamma = 2,4$  долл./год;

$$\Delta Y = 2,4 \cdot 3 \cdot 2,9 \cdot 164\,000 = 3\,424\,320 \text{ долл./год.}$$

Определяем приведенные затраты в мероприятия по снижению оксидов азота:

$$Z = S_q + E_n K_q = 0,2 \cdot 10^6 + 0,15 \cdot 2 \cdot 10^6 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ долл./год.}$$

Эффект от внедрения мероприятий, обеспечивающий снижение оксидов азота:

$$\Xi = \Delta Y - Z = 3\,424\,320 - 500\,000 = 2\,924\,320 \text{ долл./год.}$$

Срок окупаемости мероприятий по снижению оксидов азота

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_q}{\Xi} = \frac{2 \cdot 10^6}{2,924 \cdot 10^6} = 0,68 \text{ года.}$$

Чистый дисконтированный доход

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^1 \frac{\Delta Y - 3}{(1+r)^t} - K_q = \frac{2,924 \cdot 10^6}{1,1} - 2 \cdot 10^6 = 0,658 \cdot 10^6 \text{ долл.},$$

где  $r = 0,1$  – норма дисконтирования.

Индекс доходности

$$\text{ИД} = \sum_{t=0}^1 \frac{\Delta Y - 3}{(1+r)^t} / K_q = \frac{2,924 \cdot 10^6}{1,1} / 2 \cdot 10^6 = 1,3.$$

Мероприятие эффективно.

### Задача № 6

Определить величину выбросов оксидов азота ГРЭС – 2400 МВт ( $8 \cdot K - 300 - 240$ ); топливо – мазут; низшая теплота сгорания  $Q_{\text{HH}}^{\text{p}} = 40\,000$  кДж/кг; котлоагрегаты ТГМП-324; паропроизводительность котлоагрегата – 950 т/ч; параметры пара  $\rho_0 / \rho_1 = 25 / 3,62$  МПа; температура пара 565/565 °С; КПД ГРЭС – 38 %.

### Решение

Определяем расход топлива на ГРЭС:

$$B = \frac{0,123 N \cdot Q_{\text{ny}}^{\text{p}}}{\eta_{\text{ГРЭС}} Q_{\text{HH}}^{\text{p}}} \cdot \frac{1}{3600} = \frac{0,123 \cdot 2400 \cdot 10^3 \cdot 29300}{0,38 \cdot 40\,000} \cdot \frac{1}{3600} = 158,1 \text{ кг/с.}$$

Определяем общий выброс оксидов азота:

$$M_{\text{NO}_x} = 0,34 \cdot 10^{-4} K_{\text{NO}_2} \beta B Q_{\text{HH}}^{\text{p}}, \text{ г/с.}$$

Значение  $K_{\text{NO}_2}$  для энергетических котлоагрегатов паропроизводительностью 75–500 т/ч вычисляется по формуле



$$K_{\text{NO}_2} = \frac{100D}{1000 + 3,6 D}, \text{ кг/т.у.т.},$$

где  $D$  – номинальная паропроизводительность одного корпуса котлоагрегата, кг/с.

Паропроизводительность котла  $D = 263$  кг/с.

$$\text{Для одного блока получим } K_{\text{NO}_2} = \frac{100 \cdot 263}{1000 + 3,6 \cdot 263} = 13,5 \text{ кг/т.у.т.};$$

Для 8 блоков  $K_{\text{NO}_2} = 108$  кг/т.у.т.

Коэффициент  $\gamma$  для действующих типов энергетических и водогрейных котлов при работе на твердом, жидком и газообразном топливе равен 1.

$$M_{\text{NO}_x} = 0,34 \cdot 10^{-4} \cdot 108 \cdot 1 \cdot 158,1 \cdot 40\,000 = 23\,222 \text{ г/с, или } 23,22 \text{ кг/с,}$$

$$\text{или } 83,592 \text{ т/ч.}$$

При 6000 часах работы ГРЭС  $M_{\text{NO}_x} = 501\,552$  т/год.

### Задача № 7

ТЭС, работающая на мазуте, выбрасывает 50 000 т/год диоксида азота. Определить ущерб, наносимый окружающей среде, если показатель относительной опасности  $\sigma = 4$ , коэффициент рассеяния в атмосфере  $f = 2$ . Показатель относительной агрессивности  $A_{\text{NO}_2} = 41$  усл.т/т.

### Решение

Ущерб, наносимый среде:

$$\Delta Y = \gamma \sigma f M_j = 2,4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 41 \cdot 50\,000 = 39\,360\,000 \text{ долл./год.}$$

### Задача № 8

В реку сбрасывается 1000 т/год плодородной почвы (взвешенные частицы) и 20 т/год нефтепродуктов. Определить экономический

ущерб, если константа экономического ущерба  $\gamma = 400$  долл./усл.т; коэффициент относительной опасности  $\sigma = 1,75$ . Показатель относительной агрессивности для взвешенных частиц (почвы)  $A_i = 0,05$  усл.т/т; для нефтепродуктов  $A_i = 20$  усл.т/год.

### Решение

Экономическая оценка годового ущерба равна

$$\Delta Y = \gamma \sigma M = 400 \cdot 1,75 \left[ 0,05 \cdot 1000 + 20 \cdot 20 \right] = 315\,000 \text{ долл./год.}$$

### Задача № 9

В промышленном регионе между предприятиями по выпуску продукции и комбинатами по переработке отходов возникла необходимость распределить грузопотоки таким образом, чтобы затраты были минимальными. В таблице представлены исходные данные.

Предприятие	Затраты на транспорт			Запас
	комбината 1	комбината 2	комбината 3	
П1	2	5	1	60
П2	3	4	2	40
П3	1	3	4	55
Потребители	50	60	45	155
	$b_1$	$b_{21}$	$b_{31}$	$\sum a_i = \sum b_j$

### Решение

Используя метод минимальной стоимости, составляем опорный план, предварительно обеспечив условие  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ .

$$f = \sum_{i=1}^m a_i \sum_{j=1}^n b_j; \quad c_{ij} x_{ij} \rightarrow m_i;$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{i=1}^m x_{ij}; \quad \sum_{j=1}^n b_j = \sum_{j=1}^n x_{ij}.$$

Затем проверяем вырожденность плана, т. е.  $r = m + n - 1$ , где  $m$  – число строк,  $n$  – число столбцов.

$$r = 3 + 3 - 1 = 5 \text{ – план невырожденный.}$$

Свободные клетки проверяем на оптимальность распределительным методом.

$$S_{11} = 2 - 5 + 3 - 1 = -1; S_{21} = 3 - 4 + 3 - 1 = 1; S_{22} = 2 - 1 + 5 - 4 = 2;$$

$$S_{31} = 4 - 1 + 5 - 3 = 5.$$

Таким образом клетка 11 перспективная.

Предприятие	Затраты на транспорт			Запас
	комбината 1	комбината 2	комбината 3	
П1	<sup>2</sup> 15	<sup>5</sup>	<sup>1</sup> 45	60
П2	<sup>3</sup>	<sup>4</sup> 40	<sup>2</sup>	40
П3	<sup>1</sup> 35	<sup>3</sup> 20	<sup>4</sup>	55
Потребители	50	60	45	155

Подставив полученные значения  $x_{ij}$  в уравнения целевой функции получим  $f_1 = 345$  долл.,  $f_2 = 330$  долл.;  $f_1$  – до оптимизации,  $f_2$  – после оптимизации.

### Задача № 10

Оценить ущерб, наносимый окружающей среде от выбросов диоксида углерода  $\text{CO}_2$  КЭС мощностью 500 МВт, работающей на бурых углях, низкая теплота сгорания которых составляет  $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 16\,000$  кДж/кг;  $c^{\text{р}} = 60\%$ ;  $q_3 = 0,5\%$ ;  $q_4 = 1,5\%$ ; удельный расход условного топлива  $v_{\text{уд}} = 0,32$  кг/кВт·ч; коэффициент относительной опасности  $\sigma = 2$ ; коэффициент рассеяния  $f = 2$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_{\text{г}} = 5$  усл.т/т.

### Решение

Определяем расход натурального топлива на КЭС. Число часов работы  $t_{\max} = 6000$  ч.

$$B = \epsilon_{\text{уд}} \cdot N Q_{\text{ну}}^{\text{р}} / Q_{\text{нн}}^{\text{р}} \cdot \frac{1}{3600} = 0,32 \cdot 500\,000 \cdot \frac{29\,300}{16\,000} \cdot \frac{1}{3600} = 81,3 \text{ кг/с.}$$

Определяем выбросы диоксида углерода:

$$M_{\text{CO}_2} = 3,67 \cdot 0,1 \cdot c^{\text{р}} B \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \left(1 - \frac{1,5}{100}\right) = 3,67 \cdot 0,1 \cdot 60 \cdot 81,3 \cdot (1 - 0,005) \times \\ \times (1 - 0,015) = 1754 \text{ г/с или } 1,75 \text{ кг/с;}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 6300 \text{ кг/ч} = 6,3 \text{ т/ч.}$$

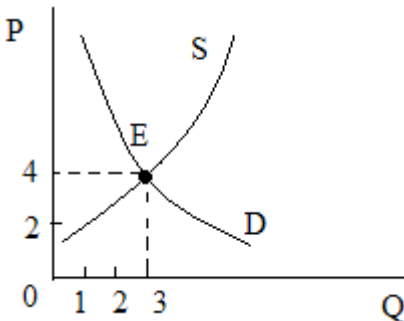
В течение года КЭС выбросит  $M_{\text{CO}_2} = 37\,800$  т.

Определяем ущерб окружающей среде:

$$\Delta Y = \gamma \sigma f M = 2,4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 37\,800 = 1\,814\,400 \text{ долл./год.}$$

### Задача № 11

Изменение спроса и предложения на вторичную продукцию, получаемую из отходов сточных вод:



$S$  — предложение;

$D$  — спрос;

$Q$  — объем продукции, тыс. шт.;

$P$  — цена продукции, млрд руб.

Фирмой было продано по цене 800 долл. за 1 кг 500 кг реагентов для очистки сточных вод, а после увеличения цены до 1000 долл. – 400 кг. Определите, чему равна эластичность спроса на реагент.

### **Решение**

Эластичность спроса измеряется с помощью коэффициента эластичности:

$$E_d = \frac{\text{Изменение количества } \Delta N}{\text{Сумма количества } N/2} \cdot \frac{\text{Изменение цены } \Delta P}{\text{Сумма цены } P/2}.$$

Следовательно, подставив данные в формулу, получим, что коэффициент эластичности равен  $E_d = 0,2 : 0,2 = 1$ .

Полученный результат показывает, что наблюдается эффект единичной эластичности, т. е. увеличение цены оставит общую выручку без изменений. Процентное изменение количества продукции равно процентному изменению цены.

### **Задача № 12**

Оцените выброс бенз(а)пирена на КЭС – 2400 МВт ( $8 \cdot K - 300 - 240$ ). Топливо – сернистый мазут. Тип котлоагрегатов – ТГМП-314. Теплонапряжение топки составляет  $0,2 \text{ МВт/м}^3$ ; расположение горелок – встречное; температура уходящих газов  $t_{yx} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ; коэффициент избытка воздуха в уходящих газах  $\alpha_{yx} = 1,4$ . Удельный расход топлива (брутто)  $v_{уд} = 0,33 \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч}$ . Низшая теплота сгорания мазута  $Q_n^p = 39\,900 \text{ кДж/кг}$ .

### **Решение**

Находим теоретический объем продуктов сгорания  $V_r^0 = 11,28 \text{ м}^3/\text{кг}$ .  
Находим теоретический объем воздуха необходимого для полного сгорания

$$V^0 = 10,45 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Определяем расход мазута:

$$B = \epsilon_{\text{уд}} N \left( \frac{29\,300}{39\,900} \right) \frac{1}{3600} = 0,33 \cdot 2400 \cdot 10^3 \cdot \frac{29\,300}{39\,900} \cdot \frac{1}{3600} = 161,5 \text{ кг/с.}$$

Объемный расход уходящих газов котлоагрегатов

$$V_{\Gamma} = \left[ V_{\Gamma}^0 + 1,0161(\alpha_{\text{yx}} - 1)V^0 \right] B \frac{t_{\text{yx}} + 273}{273} = 11,28 + 1,0161(1,4 - 1) \cdot 10,45 \times \\ \times 161,5 \frac{150 + 273}{273} = 3885,5 \text{ г/с или } 14 \text{ т/ч.}$$

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

### Задача № 1

Определить эффективность мероприятий по снижению выбросов пыли на ГРЭС. Снижение выбросов составляет  $20 \cdot 10^3$  т/год.

Показатель относительной опасности  $\sigma = 2$ ; коэффициент, учитывающий характер рассеяния примеси в атмосфере,  $f = 1$ ; показатель относительной агрессивности  $A_j = 40$  усл.т/т.

Дополнительные капитальные затраты в мероприятия  $K_q = 10 \cdot 10^6$  долл. Эксплуатационные издержки  $S_q = 1 \cdot 10^6$  долл.

### Задача № 2

Определить эффективность очистки сточных вод в бассейне реки Днепр, если годовой сброс сточных вод составляет  $D_{\text{год}} = 5 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/год; концентрация масла до очистки – 3 г/м<sup>3</sup>, после очистки – 0,5 г/м<sup>3</sup>, коэффициент относительной опасности  $\sigma = 1,75$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_j = 20$  усл.т/т. Дополнительные капитальные вложения в мероприятия по очистке  $K_q = 0,1 \cdot 10^6$  долл. Эксплуатационные издержки  $S_q = 0,01 \cdot 10^6$  долл./год.

### Задача № 3

Определить выбросы сернистого ангидрида SO<sub>2</sub> на пылеугольной ГРЭС мощностью 480 МВт, если КПД ГРЭС – 0,4, теплота сгорания угля  $C_n^p = 16\,000$  кДж/кг; содержание серы в топливе  $S^p = 0,4$  %; доля серы, связанная золой,  $\varphi_S = 0,3$ .

### Задача № 4

Определить количество золы, выбрасываемой продуктами сгорания ГРЭС мощностью 400 МВт, работающей на угле, если удельный расход топлива с брутто  $\epsilon_{\text{уд}} = 0,33$  кг/кВт·ч. Зольность топлива – 40 %; потери тепла с механическим недожогом  $q_n = 1,5$  %; доля золы, уносимая продуктами сгорания, – 0,95; КПД золоуловителя – 0,98.

### Задача № 5

Определить эффективность комплекса мероприятий по снижению выбросов гипсовой пыли, если снижение составило  $\Delta m_i = 5000$  т/год. Коэффициент относительной опасности  $\sigma = 6$ ; коэффициент рассеяния в атмосфере  $f = 0,8$ . Показатель относительной агрессивности  $A_i = 25$  усл.т/т. Дополнительные капитальные вложения и эксплуатационные расходы в мероприятия составляют  $K_q = 1 \cdot 10^6$  долл.,  $S_q = 0,1 \cdot 10^6$  долл./год.

### Задача № 6

На ТЭС проведены мероприятия по снижению выбросов оксидов азота на  $\Delta m_i = 4 \cdot 10^3$  т/год. Определить эффективность этих мероприятий, если коэффициент относительной опасности  $\sigma = 3$ ; коэффициент рассеяния в атмосфере  $f = 0,9$ ; показатель относительной агрессивности  $A_i = 41$  усл.т/т. Дополнительные капиталовложения составляют  $K_q = 2 \cdot 10^6$  долл.; эксплуатационные издержки  $S_q = 0,2 \cdot 10^6$  долл./год.

### Задача № 7

На ТЭС проведен комплекс мероприятий, обеспечивающий снижение окиси углерода на  $\Delta m_i = 3 \cdot 10^3$  т/год. Капитальные вложения и эксплуатационные издержки в мероприятия составляют  $K_q = 1 \cdot 10^6$  долл.,  $S_q = 0,1 \cdot 10^6$  долл./год. Коэффициент относительной опасности  $\sigma = 2$ ; коэффициент рассеяния  $f = 1$ . Показатель относительной агрессивности  $A_i = 1$  усл.т/т. Определить эффективность мероприятия.

### Задача № 8

В реку сбрасывается 1000 т/год плодородной почвы (взвешенные частицы) и 10 т/год нефтепродуктов. Определить экономический ущерб, если константа экономического ущерба  $\gamma = 120$ , коэффициент относительной опасности  $\sigma = 1$ . Показатели относительной агрессивности  $A_i = 0,05$  усл.т/т (почва),  $A_i = 20$  усл.т/т (нефтепродукты).



### Задача № 9

В промышленном регионе между предприятиями по выпуску продукции и комбинатами по переработке отходов возникла необходимость распределить грузопотоки между ними таким образом, чтобы затраты были минимальными. В таблице представлены исходные данные.

Предприятие	Затраты на транспорт			Запас
	комбината 1	комбината 2	комбината 3	
П <sub>1</sub>	2	3	4	60
П <sub>2</sub>	1	4	5	30
П <sub>3</sub>	3	2	1	65
Потребители	45	55	40	

### Задача № 10

Очистительные системы в регионе потребляют ежегодно 30 тыс. т, 80 тыс. т, 90 тыс. мм<sup>3</sup> реагентов. Удельная стоимость реагентов

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 12 & 10 & 3 & 4 \\ 11 & 9 & 4 & 3 \\ 10 & 11 & 5 & 6 \end{pmatrix}.$$

Фонды для очистительных систем составляют: твердых реагентов – 30 тыс. т, жидких – 30 тыс. т, газообразных – 100 тыс. мм<sup>3</sup>. Определить такую структуру потребления реагентов, чтобы затраты были минимальными.

### Задача № 11

Фирмой было продано по цене 3 у. е. за 1 кг 500 кг реагентов для очистки сточных вод, а после увеличения цены до 4 у. е. за 1 кг – 400 кг. Определить эластичность спроса на реагент.

### Задача № 12

В реку сбрасывается 50 т/год отходов аммиачных соединений и 10 т/год нефтепродуктов.

Определить экономический ущерб от загрязнения реки, если константа относительной опасности  $\sigma_k = 0,58$ , а коэффициент относительной агрессивности аммиака  $A_i = 20$  усл.т/т, нефти  $A_i = 20$  усл.т/т;  $\gamma = 400$  у. е./усл.т.

### Задача № 13

Определить величину ущерба от тепловой электростанции, если она в год выбрасывает в окружающую среду 20 000 т  $\text{NO}_2$  и 70 000 т  $\text{SO}_2$ . Коэффициент относительной опасности  $\sigma = 2$ ; коэффициент рассеяния примесей в атмосфере  $f = 1$ ; коэффициент относительной агрессивности окислов азота  $A_i = 41,1$  усл.т/т; окислов серы  $A_i = 22$  усл. т/т.

### Задача № 14

Определить количество окислов серы  $\text{SO}_2$ , выбрасываемых тепловой электростанцией мощностью 500 МВт, сжигающей мазут с содержанием серы 1 %. Теплота сгорания мазута  $Q_H^p = 40\,000$  кДж/кг; КПД ТЭС – 39 %. Число часов работы в году  $h_{\max} = 6000$  ч.

### Задача № 15

Определить экономическую эффективность комплекса водоохраных мероприятий, обеспечивающих снижение концентрации нефтепродуктов в сточных водах на  $\Delta C = 0,6$  г/м<sup>3</sup>, снижение концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ) на  $\Delta C = 0,2$  г/м<sup>3</sup>. Годовой сброс сточных вод  $D_{\text{год}} = 10$  млн м<sup>3</sup>. Коэффициент относительной опасности  $\sigma = 1,75$ ; коэффициент относительной агрессивности нефтепродуктов  $A_i = 20$  усл.т/т; ПАВ  $A_i = 2$  усл.т/т;  $\gamma = 400$  долл./усл.т. Капиталовложения в мероприятия  $K_q = 4$  млн долл.; эксплуатационные затраты  $S_q = 0,2$  млн долл./год.

### Задача № 16

Определить эффективность очистки сточных вод бассейна реки Днепр при годовом сбросе  $D_{\text{год}} = 1 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ . Концентрация масла до очистки  $C_1 = 5 \text{ г/м}^3$ , после очистки  $C_2 = 1 \text{ г/м}^3$ . Дополнительные капиталовложения  $K_q = 0,05 \text{ млн долл}$ , эксплуатационные затраты  $S_q = 0,005 \text{ млн долл./год}$ . Коэффициент относительной опасности  $\sigma_k = 1,75$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_i = 20 \text{ усл.т/т}$ ,  $\gamma = 400 \text{ долл./усл.т}$ .

### Задача № 17

Оценить выброс в окружающую среду диоксида углерода на ГРЭС мощностью 400 МВт, работающей на бурых углях, теплота сгорания которых составляет  $Q_H^p = 16 \text{ ГДж/т}$ ,  $C^p = 60 \%$ ;  $q_3 = 0,5 \%$ ;  $q_4 = 1,5 \%$ ; удельный расход условного топлива  $\epsilon_{\text{уд}} = 0,32 \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч}$ . Также оценить ущерб, наносимый окружающей среде от выбросов  $\text{CO}_2$ , если коэффициент относительной опасности  $\sigma = 0,2$ ; коэффициент рассеяния  $f = 1,5$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_i = 5 \text{ усл.т/т}$ .

### Задача № 18

Определить эффективность очистки сточных вод в бассейне реки Неман, если годовой выброс сточных вод равен  $D_{\text{год}} = 4 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ ; концентрация масла до очистки  $C_1 = 3 \text{ г/м}^3$ , после очистки  $C_2 = 1 \text{ г/м}^3$ . Дополнительные капиталовложения  $K_q = 0,1 \cdot 10^6 \text{ долл.}$ , а эксплуатационные затраты  $S_q = 0,01 \cdot 10^6 \text{ долл./год}$ .

### Задача № 19

Определить эффективность мероприятий по снижению выбросов пыли на ГРЭС на  $\Delta m_i = 30 \cdot 10^3 \text{ т/год}$ ; коэффициент относительной опасности  $\sigma = 2$ ; коэффициент рассеяния  $f = 1$ ; коэффициент относительной агрессивности  $A_i = 70 \text{ усл.т/т}$ . Дополнительные капиталовложения и эксплуатационные расходы  $K_q = 5 \cdot 10^6 \text{ долл.}$ ,  $\Delta S = 0,5 \cdot 10^6 \text{ долл./год}$ .

### Задача № 20

Предприятием продано по цене 8000 долл./т 500 т реагентов для очистки сточных вод, а после увеличения цены до 10 000 долл./т – 400 т. Определить эластичность спроса на реагент.

### Задача № 21

В регионе планируется строительство трех мусороперерабатывающих заводов, которые будут снабжаться сырьем от трех промышленных предприятий. Поставщики отходов будут ежегодно обеспечивать мусороперерабатывающие заводы сырьем объемом 5,4 и 6 млн т. Производительность мусороперерабатывающего завода не будет превышать 16 млн т отходов в год. Удельные затраты по переработке отходов

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 30 & 40 & 50 \\ 50 & 60 & 20 \\ 40 & 30 & 70 \end{pmatrix}.$$

Определить производительность мусороперерабатывающих заводов, при этом суммарные затраты по переработке отходов должны быть минимальными.

### Задача № 22

В природоохранном регионе имеются три комбината по очистке сточных вод биологическим способом, а дымовых газов – химическим способом. Среднесуточная загрузка оборудования первого комплекса должна составлять не более 16 ч, второго – не более 18 ч, а третьего – не более 20 ч. Продукты, получаемые от этих очистительных предприятий, обеспечивают прибыль 30 и 40 долл. Техничко-экономические показатели очистительных систем представлены в таблице.

Номер комбината	Затраты времени		Располагаемый фонд времени
	$t_1$	$t_2$	
I	2	8	16
II	3	3	18
III	5	2	20

Определить оптимальный вариант использования очистительных сооружений, обеспечивающий максимальную прибыль.

### Задача № 23

Общая площадь рекультивации составляет 5 тыс. га. Доля возделывания культуры А на рекультивируемой площади составляет 56 %, культуры Б – 44 %. Урожайность культуры А – 40 ц/га, а культуры Б – 50 ц/га. Затраты производства культуры А – 5 долл./ц, культуры Б – 7 долл./ц. Закупочная цена культуры А – 8 долл./ц, а культуры Б – 10 долл./ц. Затраты на рекультивацию для выращивания культуры А – 3000 долл./га, для культуры Б – 2500 долл./га. Определить экономическую эффективность рекультивации.

### Задача № 24

На мусоросжигательном заводе имеются две энергетические установки общей мощностью 500 МВт для производства электроэнергии. Годовые издержки на эксплуатацию первой установки представлены зависимостью  $S_1 = 4 + 5N_1 + 3N_1^2$ , а на эксплуатацию второй –  $S_2 = 3 + 4N_2 + 5N_2^2$ .

Распределить нагрузки между двумя установками таким образом, чтобы издержки были минимальными при их параллельной работе.

### Задача № 25

Три очистительные системы потребляют ежегодно 300 тыс. т, 500 тыс. м<sup>3</sup> и 600 тыс. м<sup>3</sup> реагентов соответственно. Удельные затраты по каждому виду реагентов представлены матрицей

$$\begin{Bmatrix} 5 & 4 & 3 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 6 \\ 2 & 5 & 4 & 3 \end{Bmatrix}.$$

Фонды для очистительных систем составляют: твердых реагентов – 600 тыс. т., жидкофазных – 400 тыс. м<sup>3</sup>, комбинированных – 150 тыс. т, газообразных – 200 тыс. м<sup>3</sup>. Определить структуру потребления реагентов в течение года при минимальных затратах.

### Задача № 26

Дать экономическую оценку двух участков земли по 10 га каждый, на которых выращивают сельскохозяйственную продукцию. Необходимые данные приведены ниже.

Характеристика участка	Урожайность, ц/га	Себестоимость, долл./ц	Капиталовложения, долл./га
Замыкающего	10	70	2500
Индивидуальных:			
I	20	50	1500
II	30	20	1250

### Задача № 27

Определить эффективность строительства городских очистительных сооружений, предотвращающих снижение годового сброса взвешенных веществ в бассейн реки Неман на 100 тыс. т. Капитальные вложения в строительство очистных сооружений составляют 1 млн долл., а ежегодные эксплуатационные затраты – 100 тыс. долл. Коэффициент относительной опасности  $\sigma = 0,59$ ; показатель относительной агрессивности взвешенных частиц  $A_i = 20$  усл.т/т;  $\gamma = 400$  долл./т.

### Задача № 28

Степень очистки дымовых газов от пыли составляет 99 %. Начальное содержание пыли в газе –  $250 \text{ мг/м}^3$ . Определить конечное содержание пыли в газе.

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Методы системного анализа в исследовании эколого-экономического природопользования.
2. Природные факторы и их роль в материальном производстве.
3. Биосфера и ее эволюция.
4. Экологические факторы и их классификация.
5. Круговорот веществ биосферы.
6. Загрязнения окружающей среды и виды загрязнений.
7. Балансовые методы природопользования.
8. Экологизация производства и экономики.
9. Концентрация вредных выбросов. Показатели качества окружающей среды.
10. Расчет выбросов пыли от ТЭС в атмосферу и методы очистки газовых выбросов от пыли.
11. Расчет выбросов загрязнения в атмосферу и методы очистки дымовых газов от загрязнения.
12. Методы очистки дымовых газов от  $SO_2$  и  $NO_x$ .
13. Водные ресурсы республики и загрязнение гидросферы.
14. Показатели качества воды и нормирование качества воды.
15. Землепользование и экономическая оценка земель.
16. Показатели региональной эколого-экономической системы Республики Беларусь.
17. Бизнес-план природоохранной деятельности.
18. Взаимосвязь экономики и качества окружающей среды.
19. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды.
20. Методы определения ущерба от загрязнения окружающей среды.
21. Укрупненная оценка ущерба от загрязнения атмосферы.
22. Укрупненная оценка ущерба от загрязнения водоемов.
23. Принципы определения экономической эффективности природоохранных мероприятий.
24. Эколого-экономическая оценка проектов.
25. Модель развития промышленного производства в регионе с учетом охраны окружающей среды.
26. Экономические методы управления природопользованием.
27. Правовое регулирование природопользования.
28. Финансирование экологических программ.

29. Экологическая паспортизация предприятий.
30. Экологическая экспертиза.
31. Экологический аудит и мониторинг.
32. Национальные и международные природные ресурсы.
33. Формы международного экологического сотрудничества.
34. Мировая энергетика и климат.
35. Углеснабжение и охрана природы.
36. Газоснабжение и охрана природы.
37. Нефтеснабжение и охрана природы.
38. Возобновляемые источники энергии и их влияние на природу.
39. Влияние энергетики на литосферу.
40. Влияние энергетики на гидросферу.
41. Влияние энергетики на атмосферу.
42. Тепловое загрязнение окружающей природной среды.
43. Экономическая эффективность безотходных технологий.
44. Лимитированное природопользование и плата за него.
45. Шум и его влияние на окружающую среду.
46. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ, пределы выбросов и методы их расчета.
47. Закон Республики Беларусь об охране окружающей среды.
48. Основные мероприятия рационального водопользования.
49. Влияние землепользования на состояние почвы.
50. Проблема улучшения качества почвы.
51. Оценка ущерба, наносимого природной среде, методом прямого счета.
52. Полезные ископаемые недр Республики Беларусь.
53. Экологические проблемы энергетики.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Андриященко, А. И. Основы проектирования энерготехнологических установок электростанций / А. И. Андриященко, А. И. Попов. – М. : Высшая школа, 1980. – 240 с.
2. Балацкий, О. Ф. Экономика и качество окружающей среды / О. Ф. Балацкий, А. Ф. Мельник. – М. : Гидрометиздат, 1984. – 194 с.
3. Бокун, И. А. Основы экологии и экономика природопользования / И. А. Бокун, А. М. Темичев. – Минск : ВУЗ–ЮНИТИ, 2002. – 255 с.
4. Внуков, А. К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов : справочник / А. К. Внуков. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 176 с.
5. Войтов, И. В. Руководство по подготовке и реализации проектов глобального экологического фонда / И. В. Войтов, О. Ю. Митакевич. – Минск : Технология, 2001. – 69 с.
6. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценка экологического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – Минск : Экономика, 1986. – 96 с.
7. Об охране окружающей среды : Закон Республики Беларусь. – Минск, 1992.
8. Об особо охраняемых природных территориях и объектах : Закон Республики Беларусь. – Минск, 1994.
9. Об отходах производства и потреблении : Закон Республики Беларусь. – Минск, 1993.
10. Об охране атмосферного воздуха : Закон Республики Беларусь. – Минск, 1997.
11. Неверов, А. В. Экономика природопользования : учебно-методическое пособие / А. В. Неверов. – Минск : БНТУ, 2009. – 551 с.
12. Нестеров, П. М. Экономика природопользования и рынок / П. М. Нестеров, А. П. Нестеров. – М. : Юнити, 1990. – 214 с.
13. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды / П. В. Росляков. – М. : Изд. дом МЭИ, 2007. – 335 с.
14. Скалкин, Ф. В. Энергетика и окружающая среда / Ф. В. Скалкин, А. А. Канаев, И. З. Копп. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 280 с.
15. Стадницкий, Г. В. Экология / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – М. : Высшая школа, 1988. – 271 с.
16. Шимова, О. С. Основы экологии и экономика природопользования / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский. – Минск : БГЭУ, 2001. – 368 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**Таблица 1**

### Показатель $\sigma$ относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над различными территориями

Тип загрязняемой территории	Значение $\sigma$
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные кооперативы и товарищества	8
Населенные места с плотностью населения $n$ чел/га*	$(0,1 \text{ га/чел}) \cdot n$
Территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промышленных узлов	4
Леса:	
– 1-я группа	0,2
– 2-я группа	0,1
– 3-я группа	0,025
Пашни: **	
– южные зоны (южнее $50^\circ$ с. ш.)	0,25
– ЦЧР, Южная Сибирь	0,15
– прочие районы	0,1
Сады, виноградники**	0,5
Пастбища, сенокосы**	0,05

\* При наличии данных о фактической плотности пребывания людей на загрязняемой территории в чел-ч/(год·га) эту строку следует заменить следующей: «Территории населенных мест с плотностью пребывания людей  $N$  чел-ч/(год·га)», а в столбце «Значение  $\sigma$ » поставить « $(N/35\ 000)$  чел-ч/(год·га)». При этом в число  $N$  включается время, проведенное людьми как вне, так и внутри помещений. Числа  $\sigma = 0,1 \text{ га/чел} \cdot n$  и  $\sigma = N/35\ 000 \text{ чел-ч/(год·га)}$  в столбце «Значения  $\sigma$ » безразмерны. Для центральной части городов с населением свыше 3 тыс. чел. независимо от административной плотности населения  $\sigma = 8$ .

\*\*Для орошаемых пахотных земель, садов, виноградников, сенокосов указанные числа следует умножить на 2.

Таблица 2

**Показатель относительной опасности  $A_i$   
некоторых веществ, выбрасываемых в атмосферу**

Вещество	ПДК <sub>сум</sub> мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>р,з</sub> мг/м <sup>3</sup>	$a_i$	$\lambda_i$	$\alpha_i$	$\beta_i$	$\delta_i$	$A_i$ , усл. т/т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оксид углерода	3	20	1	1	1	1	1	1
Сернистый ангидрид	0,05	10	11	1	1	1	2	22
Сероводород	0,008	10	27,4	1	1	1	2	54,8
Серная кислота	0,1	1	24,5	1	1	1	2	49
Оксиды азота в пересчете по массе на NO <sub>2</sub>	0,04	2	27,4	1	1	1	1,5	41,1
Аммиак	0,04	20	8,7	1	1	1	1,2	10,4
Летучие низкомолекулярные углеводороды (пары жидких топлив – бензинов и др.) по углероду	1,5	100	0,63	1	1	$\frac{2}{5}$	1	$\frac{1,26}{3,16}$
Ацетон	0,35	200	0,93	1	1	$\frac{2}{5}$	1,2	$\frac{2,22}{5,55}$
Метилмеркаптан	$(9 \cdot 10^{-6})$	0,8	2890	1	1	1	1	2890
Фенол	0,003	0,3	258	1	1	1	1,2	310
Ацетальдегид	0,01	5	34,6	1	1	1	1,2	41,6
3,4-бензапирен	$10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^5$	1	2	1	1	$12,6 \cdot 10^5$
Цианистый водород	0,01	0,3	141	1	1	1	2	282
Пары плавиковой кислоты и другие газообразные соединения фтора	0,005	0,05	490	1	1	1	2	980
Хлор молекулярный	0,03	1	44,7	1	1	1	2	89,4
Оксиды алюминия	(0,15)	6	14,1	1	2	1	1,2	33,8
Двуокись кремния	0,05	1	34,6	1	2	1	1,2	83
Сажа без примесей (пыль углерода без учета примесей)	0,05	4	17,3	1	2	1	1,2	41,5
Оксиды натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, вольфрама, висмута	(0,15)	10	6,3	1	2	1	1,2	15,1
Древесная пыль	(0,15)	6	8,16	1	2	1	1,2	19,6
Пятиокись ванадия (пыль)	0,002 (для пыли)	0,5	245	1	5	1	1	1225

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неорганические соединения 6-валентного хрома CrO <sub>3</sub>	0,0015	0,01	2000	1	5	1	1	10 000
Марганец и его окислы в пересчете на Mn (для аэрозоля дезинтеграции)	0,001	0,03	1414	1	5	1	1	7070
Кобальт металлический, окись кобальта	0,001	0,5	346	1	5	1	1	1730
Никель и его окислы	0,001	0,05	1095	1	5	1	1	5475
Окись цинка	0,05	0,5	49	1	5	1	1	245
Окислы мышьяка	0,003	0,2 (в пересчете на As)	316	1	5	1	1	1581
Неорганические соединения ртути по Hg	0,0003	0,01	4472	1	5	1	1	22 400
Неорганические соединения свинца по Pb	0,0003	0,01	4472	1	5	1	1	22 400

Таблица 3

**Показатель относительной опасности  
некоторых зол  $A_i$ , усл. т/т**

Вид пыли	$A_i$	Вид пыли	$A_i$
Золы углей: – донецких («АШ», «Д», «ГСШ»), подмосковных – кузнецких, экибастузских, карагандинских – березовских, назаровских, ангренских	70	Пыль никелевого агломерата	600
		Твердые частицы, выбрасываемые транспортными средствами с двигателями внутреннего сгорания, работающими на неэтилированном бензине	300
	80	То же на этилированном бензине	500
	60	То же для дизелей, топливных и иных установок, сжигающих мазуты и газ	200
Золы торфов (в среднем)	60		
Коксовая и агломерационная пыль, выбрасываемая предприятиями черной металлургии (в среднем)	100	Пыли цементных производств (в среднем)	45
		Пыль слюды	70
		Пыль талька	35
Каменноугольная пыль	40	Пыль гипса, известняка	25

Таблица 4

**Значение константы  $\sigma_k$   
для различных водохозяйственных участков**

№ участка (к)	Наименование бассейнов рек и створов	Административный состав участков	Значение
1	Даугава устье (Рига)	Латвия, центральная часть; Витебская обл., кроме юго-западной части (бассейн р. Березины); Калининская обл., западная часть; Смоленская обл., северо-западная часть	0,50
2	Неман устье	Литва без северной части; Минская обл., западная часть; Гродненская обл., Брестская обл., северная часть; Калининградская обл., северная часть	0,58
3	Днестр устье	Львовская обл., южная часть; Ивано-Франковская обл. без южной части; Тернопольская обл., южная и центральная части; Черновицкая обл., северная часть; Винницкая обл., юго-западная часть; Хмельницкая обл., южная часть	1,84
4	Днепр (Киев)	Смоленская обл., центральная часть; Брянская обл.; Курская обл. без восточной части; Могилевская обл.; Минская обл. без западной части; Брестская обл., юго-западная часть; Гомельская обл.; Ровенская обл.; Волынская обл.; Хмельницкая обл., северная часть; Житомирская обл.; Черниговская обл. без южной части; Киевская обл., северная часть; Тернопольская обл., северная часть; Калужская обл., юго-западная часть; Орловская обл., небольшая юго-западная часть; Белгородская обл., западная часть; Сумская обл., северная часть	1,75

**Таблица 5**

**Значение константы  $A_i$  для некоторых распространенных веществ, загрязняющих водоемы**

Вещество	ПДК р/х, г/м <sup>3</sup>	ПДК сан. быт, г/м <sup>3</sup>	$A_i$ , усл. т/т
БПК	3,0	–	0,33
Взвешенные вещества	20	–	0,05
Сульфаты	–	500	0,002
Хлориды	–	350	0,003
Азот общий	–	10	0,1
СПАВ	0,5	–	2,0
Нефть и нефтепродукты	0,05	–	20
Медь	0,01	–	100
Цинк	0,01	–	100
Аммиак	0,05	–	20
Мышьяк	0,05	–	20
Цианиды	0,05	–	20
Стирол	0,1	–	10
Формальдегиды	0,1	–	10

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. . . . .	3
1. Экономика и природопользование. . . . .	6
2. Природные факторы как движущая сила природопользования. . . . .	8
3. Экономика природопользования и качество окружающей среды. . . . .	10
4. Загрязнение окружающей среды. . . . .	13
4.1. Загрязнение атмосферы. . . . .	13
4.2. Использование водных ресурсов. . . . .	14
4.3. Проблемы землепользования. . . . .	20
5. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды. . . . .	27
6. Расчет вредных выбросов. . . . .	34
6.1. Выбросы твердых частиц. . . . .	34
6.2. Выбросы оксидов серы. . . . .	34
6.3. Монооксид углерода СО. . . . .	35
6.4. Выбросы оксидов углерода и углеводорода от газотурбинных установок. . . . .	36
6.5. Выбросы диоксида углерода. . . . .	37
6.6. Выбросы оксидов азота. . . . .	39
6.7. Выбросы пятиоксида ванадия. . . . .	41
6.8. Выбросы канцерогенных веществ. . . . .	41
7. Оценка эффективности природоохранных мероприятий. . . . .	42
7.1. Экономический эффект природоохранных мероприятий. . . . .	42
7.2. Оценка выбора и обоснование варианта проведения природоохранных мероприятий. . . . .	45
Примеры практических задач. . . . .	49
Задачи для самостоятельного решения. . . . .	62
Темы рефератов. . . . .	70
Литература. . . . .	72
Приложение. . . . .	73
	79

Учебное издание

## **ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Практикум  
для студентов специальности 1-27 01 01  
«Экономика и организация производства»  
направления 1-27 01 01-10 «Экономика и организация  
производства (энергетика)»

Составитель  
**БОКУН Иван Антонович**

Редактор *В. О. Кутас*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 20.11.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 4,59. Уч.-изд. л. 3,59. Тираж 100. Заказ 1115.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический  
университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.