

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра экологии

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В трех частях

Часть 1

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве учебно-методического пособия
для специальностей 1 ступени высшего образования, закрепленных за УМО*

Минск БГУИР 2017

УДК 502.12+621.311.16(076)

ББК 20.1+31.19я73

Б40

Авторы:

И. А. Телеш, П. И. Кирвель, Н. В. Цявловская, М. А. Бобровнича,
Д. А. Мельниченко, О. С. Рышкель, М. С. Кукшинов

Рецензенты:

кафедра географической экологии
Белорусского государственного университета
(протокол №6 от 22.01.2015);

профессор кафедры экологической и молекулярной генетики
учреждения образования «Международный государственный экологический
университет имени А. Д. Сахарова»,
доктор биологических наук, профессор
С. Б. Мельнов

Безопасность жизнедеятельности человека. В 3 ч. Ч. 1 : Основы
Б40 экологии и энергосбережения : учеб.-метод. пособие / И. А. Телеш [и др.]. –
Минск : БГУИР, 2017. –94 с. : ил.
ISBN 978-985-543-198-6 (ч. 1).

Данное учебно-методическое пособие способствует формированию у студентов умений осуществлять выбор методов по снижению риска негативных экологических последствий; навыков владения приемами и методами внедрения энергосберегающих технологий в производственные коллективы и быт, а также навыков принятия обоснованных решений по достижению устойчивого эколого-экономического равновесия и предотвращению экологического неблагополучия геосфер Земли.

Предназначено для студентов всех форм обучения.

УДК 502.12+621.311.16(076)
ББК 20.1+31.19я73

ISBN 978-985-543-198-6 (ч. 1)
ISBN 978-985-543-197-9

© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиозлектроники», 2017

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 4 |
| Практическая работа №1. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в результате работы автотранспорта..... | 6 |
| Практическая работа №2. Оценка загрязненности водных ресурсов сточными водами..... | 18 |
| Практическая работа №3. Земельные ресурсы: их оценка, состояние и загрязнение..... | 40 |
| Практическая работа №4. Лесные ресурсы: оценка, состояние, экологические проблемы лесов и пути их решения..... | 54 |
| Практическая работа №5. Сравнительная характеристика различных типов электростанций с учетом их коэффициента полезного действия, сроков службы и окупаемости..... | 63 |
| Практическая работа №6. Расчет экономического ущерба, наносимого при несанкционированном размещении отходов..... | 83 |

Библиотека БГУИР

Введение

«Безопасность жизнедеятельности человека» является комплексной учебной дисциплиной и обеспечивает базовую подготовку студентов, необходимую для принятия грамотных решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий природного характера, а также для успешного решения вопросов, изучение которых направлено на обеспечение безопасности человека от негативного воздействия опасностей техногенного происхождения.

Целью изучения учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» является формирование культуры безопасности жизнедеятельности будущих специалистов, основанной на системе социальных норм, ценностей и установок, обеспечивающих сохранение их жизни, здоровья и работоспособности в условиях постоянного взаимодействия со средой обитания.

Учебная дисциплина предполагает изучение вопросов по модулям:

- «Основы экологии и энергосбережения»;
- «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность»;
- «Охрана труда».

В формировании экологической культуры и профессиональной экологической грамотности особую значимость и приоритетность приобретают знания в области естественнонаучных дисциплин, одной из которых выступает дисциплина «Основы экологии и энергосбережения». В связи с этим интеграция знаний об охране окружающей среды и энергосбережении обусловлена определением правильного подхода к рациональному использованию природных ресурсов, знакомством с приоритетными научно-техническими направлениями энергосбережения в экономике, традиционными и нетрадиционными источниками энергии, вопросами производства, распределения и потребления энергии и предусматривает направления по решению проблем эффективного использования топливно-энергетических ресурсов и принятию решений практического характера с целью экологической оптимизации природопользования.

В настоящем учебно-методическом пособии приводятся сведения теоретического характера, ориентированные на изучение и закрепление знаний о базовых понятиях рационального природопользования, техногенного загрязнения окружающей среды и минимизации его возможных последствий, экологической оценки степени деградации компонентов окружающей среды под воздействием техногенных, антропогенных и природных факторов. Содержатся методические указания к решению задач, вопросы для самоконтроля и варианты заданий для самостоятельной работы.

Данное учебно-методическое пособие позволит студентам совершенствовать свои знания по сохранению устойчивого развития окружающей среды и природно-ресурсного потенциала страны с последующим

применением их в ходе профессиональной деятельности. А также поможет сформировать у будущих специалистов важность понимания проблем устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека, и овладеть приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду.

Библиотека БГУИР

Практическая работа №1

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА

Экологическая опасность запыленности атмосферного воздуха и ее влияние на человека

Одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды является пыль. Пылевидные частицы находятся в непрерывном движении в среде, в которой они взвешены, и по степени измельчения (дисперсности) их делят на две группы: *видимую*, с размером частиц более 10 мкм и *микроскопическую* – менее 10 мкм. В зависимости от размера частиц определяется скорость осаждения пыли в воздухе. Крупные частицы относительно быстро осаждаются под действием силы тяжести. Более мелкие частицы пыли, преодолевая сопротивление воздушной среды, оседают с меньшей скоростью, а самые мелкие – высокодисперсные частицы могут длительное время перемещаться в воздухе.

Степень опасности пыли зависит также от формы ее частиц, их твердости, волокнистости, электростатичности, удельной поверхности и других свойств. Частицы пыли заряжаются электричеством, величина их заряда определяется химическим составом вещества. Неметаллическая пыль заряжается положительно, а металлическая – отрицательно. Разноименно заряженные частицы притягиваются друг к другу, слипаются, коагулируют, увеличиваются в размерах и оседают быстрее других частиц. При одноименных зарядах происходит отталкивание частиц и их коагуляция затрудняется.

Характер и эффективность действия пыли зависит от ее заряда. Известно, что заряженные частицы дольше задерживаются в легких, чем нейтральные, поэтому при прочих равных условиях они более опасны для организма. Вредность воздействия пыли также связана с растворимостью, твердостью, формой пылинок.

Различают следующие разновидности пыли: органическую, неорганическую и смешанную. К *органической* относится пыль животного и растительного происхождения, например: хлопчатобумажная, древесная, хитинового покрова насекомых. К *неорганической* относится минеральная пыль, например: цементная, кварцевая, асбестовая, а также металлическая.

По вредности пыль может быть инертной и агрессивной. Инертная пыль (сажа, сахарная пыль и др.) состоит из веществ, не оказывающих токсического воздействия на организм человека. Агрессивная пыль (пыли свинца, мышьяка и др.) обладает токсическими свойствами.

Пылевидные частицы могут оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. *Фиброгенным* называется такое действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, которое приводит к нарушению нормального строения и функции органа. Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокно, слюда

и др.) оказывает *раздражающее* действие на верхние дыхательные пути, слизистые оболочки глаз, кожу. *Токсическое* действие оказывает пыль токсических веществ (свинец, хром, бериллий и др.), которая попадает в организм человека через легкие.

Под термином «запыленность воздуха» понимают весовую концентрацию пыли в воздухе, которую выражают в мг/м³. Количество пыли в атмосферном воздухе может быть весьма различным. В местности со сплошным зеленым массивом, над озерами и реками количество пыли в воздухе составляет менее 1 мг/м³, в промышленных городах – 3–10 мг/м³, в городах с неблагоустроенными улицами – до 20 мг/м³. Размеры частиц колеблются от 0,02 до 100 мкм [1].

Экологическая опасность пылевидных частиц для человека определяется их физико-химическими свойствами, токсичностью, а также концентрацией в воздухе. По санитарным нормам среднесуточная предельно допустимая концентрация нетоксичной пыли в атмосферном воздухе населенных мест должна составлять 0,15 мг/м³, однако в действительности концентрация пыли чаще бывает значительно больше.

Работа в запыленной среде с течением времени может привести к профессиональным заболеваниям.

Автомобильный транспорт также является не только источником вредных и токсичных выбросов, но и загрязнения воздуха пылевидными частицами, которые образуются при стирании автопокрышек, выделяются с отработавшими газами. Увеличение количества взвешенной в воздухе и осевшей на поверхности пыли объясняется также повышенным износом асфальтового покрытия автомобильных дорог вследствие применения шипованных шин и др.

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта

Среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах и городах является транспорт, на долю которого приходится более 70 % валовых выбросов [2]. Автомобильному транспорту как источнику загрязнения воздушной среды присущ ряд отличительных особенностей:

- численность автомобилей в крупных городах быстро увеличивается, поэтому непрерывно растет и валовой выброс вредных веществ в атмосферу;
- в отличие от промышленных предприятий, изолированных от жилой застройки санитарно-защитными зонами, автотранспорт – движущийся источник загрязнения воздуха жилых районов и мест отдыха населения;
- рассеяние автомобильных выбросов в условиях городской застройки затруднено;
- распространение вредных выбросов в результате работы автотранспорта воздействует на органы дыхания людей, проживающих в городах.

В результате работы автотранспорта существенными являются выбросы, в числе которых наиболее часто встречаются углеводороды ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол), их производные (хлорбензол, нитробензол,

анилин), формальдегиды. А также соединения углерода, серы (сероводород, сернистый газ), азота (аммиак, оксиды азота), тяжелые и редкие металлы (свинец, ртуть, цинк, марганец, кобальт, хром, ванадий).

Моноксид углерода (угарный газ) при сжигании топлива в условиях недостатка воздуха генерируется в процессе работы автомобильных двигателей. Попадая в кровь, моноксид углерода воздействует на красные кровяные тельца – эритроциты, которые теряют способность транспортировать кислород. В результате наступает кислородное голодание, что оказывает влияние на состояние центральной нервной системы.

Большинство *углеводородов* поступает в атмосферу в процессе неполного сгорания топлива в двигателях, работающих на бензине или дизельном топливе. При неполном сгорании происходит синтез опасных канцерогенных циклических углеводородов. Установлено, что в местах непосредственного контакта канцерогенных веществ с биологической тканью появляются злокачественные опухоли. Углеводородные соединения при наличии определенных атмосферных условий (безветрие, интенсивность солнечной радиации, значительная температурная инверсия) служат исходными продуктами для образования чрезвычайно токсичных продуктов – фотооксидантов, обладающих сильным раздражающим и общетоксичным действием на органы человека, и образуют фотохимический смог.

Сернистый газ оказывает пагубное влияние на слизистую оболочку верхних дыхательных путей. *Диоксид азота* является побочным продуктом нефтехимических производств и рабочих процессов дизельных двигателей. Оксиды азота раздражают слизистую оболочку глаз и носа, разрушают легкие. Типичным представителем канцерогенных веществ, т. е. веществ, способствующих возникновению раковых опухолей, является *бензапирен*.

На территории Республики Беларусь в среднем за год в атмосферу выбрасывается около 2 млн т загрязняющих веществ. В составе выбросов преобладают оксид углерода (более 55 %), диоксид серы (около 11,5 %), углероды (17,3 %), оксиды азота (10 %), твердые вещества (5 %) [2]. В стране на 10 млн жителей приходится около 1,9 млн автомобилей, т. е. примерно 1 автомобиль на 5 человек. И хотя этот уровень несколько выше среднемирового, по европейским меркам он весьма невысок.

Источниками поступления загрязняющих веществ в воздух являются отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания, испарение топлива с топливной системы. Определяющая доля выбросов вредных веществ (56 %) принадлежит грузовым автомобилям. Структура выбросов автомобильного транспорта представлена веществами (в количестве около 200), из которых самыми опасными являются оксид азота (NO), угарный газ (CO), углеводороды – несгоревшее топливо, бензапирен, свинец и т. д. Один усредненный автомобиль за 6 лет эксплуатации выбрасывает в атмосферу 9 т CO₂, 0,9 т CO, 0,25 т NO и 80 кг углеводородов и др. Около 50 % соединений свинца в атмосферу поступает от легковых автомобилей и 2/3 оксида азота – от грузовых автомобилей (рис. 1.1) [3].

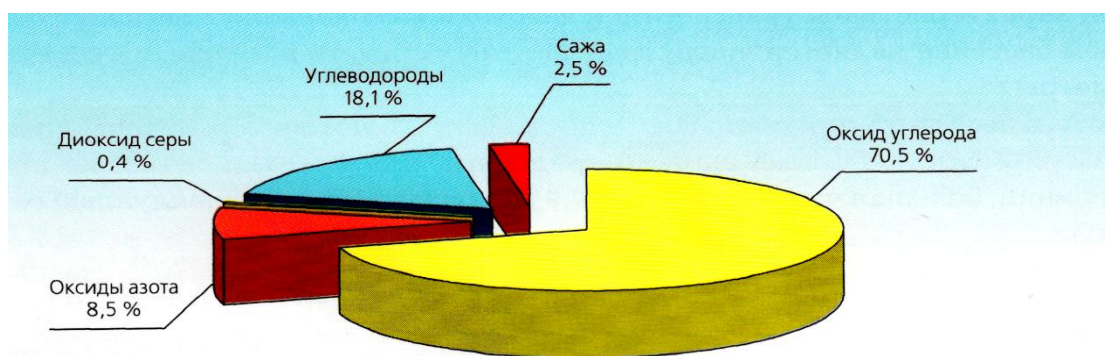


Рис. 1.1. Структура выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта

Повышенное содержание соединений оксидов углерода и азота можно обнаружить в выхлопных газах неотрегулированного двигателя, а также двигателя в режиме прогрева. Приближенный состав выхлопных газов автомобилей представлен в табл. 1.1 [3].

Таблица 1.1

Компоненты отработавших выхлопных газов автомобилей (% по объему)

| Компоненты отработавших газов | Состав выхлопных газов |
|-------------------------------|------------------------|
| Оксид азота | 8,0 – 10,0 |
| Сажа | 0,3 – 3,5 |
| Пары воды | 3,0 – 5,5 |
| Диоксид углерода | 5,0 – 12,0 |
| Оксид углерода | 70,5 – 78,0 |
| Углеводороды | 6,0 – 18,0 |
| Диоксид серы | 0,2 – 0,8 |
| Альдегиды | 0,1 – 0,2 |
| Сернистый газ | 0,002 – 0,03 |

Таблица 1.2

Концентрация вредных веществ в выхлопных газах

| Режим работы двигателя | Оксид углерода, мг/л | Углеводороды, мг/л | Оксиды азота, мг/л |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Холостой ход | 4,0 – 12,0 | 2,0 – 6,0 | 4,0 – 8,0 |
| Принудительный холостой ход | 2,0 – 4,0 | 8,0 – 12,0 | 2,5 – 4,0 |
| Средние нагрузки | 0 – 1,0 | 0,8 – 1,5 | – |
| Полные нагрузки | 2,0 | 0,7 – 0,8 | – |

Состав и объем выбросов зависят также от типа двигателя (табл. 1.3). Как видно из таблицы, выбросы загрязняющих веществ значительно ниже в дизельных двигателях. В топливе для дизельных двигателей нет свинцовых присадок, а выброс CO на 50 – 90 % ниже, чем у бензинового двигателя. Поэтому принято считать их более экологически чистыми. Однако дизельные

двигатели отличаются повышенными выбросами сажи. Сажа насыщена канцерогенами и их выбросы в атмосферу недопустимы.

Таблица 1.3

Количество выбросов вредных веществ в зависимости от типа двигателя

| Вещество | Двигатель | |
|------------------------------|---------------|-------------|
| | Карбюраторный | Дизельный |
| Оксид углерода (% по объему) | 1,0 – 12,0 | 0,01 – 0,5 |
| Оксид азота, мг/л | 0,05 – 8,0 | 0,002 – 0,5 |
| Углеводороды, мг/л | 0,8 – 6,0 | 0,01 – 0,5 |

Качество атмосферного воздуха оценивается и с учетом предельно допустимой концентрации веществ. Предельно допустимая концентрация – максимальная концентрация, при которой вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения и не ухудшают условий окружающей среды.

Предельно допустимая концентрация некоторых веществ, наиболее часто встречающихся при работе автотранспорта, приведена в табл. 1.4 [3].

Таблица 1.4

Предельно допустимая концентрация некоторых веществ, наиболее часто встречающихся при работе автотранспорте

| Наименование вещества (пыль, аэрозоли) | ПДК, мг/м ³ | Наименование вещества (газы и пары) | ПДК, мг/м ³ |
|---|------------------------|--|------------------------|
| Пыль, содержащая более 70 % SiO ₂ (кварц и др.) | 2 | Оксиды азота (в пересчете на NO ₂) | 5 |
| Пыль, содержащая от 10 до 70 % свободной SiO ₂ | 2 | Ацетон | 200 |
| Пыль стеклянного и минерального волокна | 3 | Ангидрид сернистый | 10 |
| Пыль растительного и животного происхождения, содержащая до 10 % SiO ₂ | 4 | Бензин топливный (в пересчете на С) | 100 |
| Бериллий и его соединения | 0,001 | Керосин, уайт-спирит | 300 |
| Кобальт (оксид кобальта) | 0,5 | Ртуть металлическая | 0,01 |
| Оксиды титана | 10 | Тетраэтилсвинец | 0,0005 |
| Никель (оксиды никеля) | 0,5 | Оксид углерода | 20 |

Прогноз ожидаемого распространения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представлен на рис. 1.2 и в табл. 1.5. При этом основной вклад поступления оксидов азота, НМЛОС (неметановые летучие органические соединения) в атмосферный воздух составит 63, 74 и 89 % соответственно. Согласно прогнозу выбросов к 2020 г. произойдет спад выбросов серы и НМЛОС

и оксида углерода, вносимых работой двигателей автотранспорта. Однако выбросы оксидов азота возрастут.

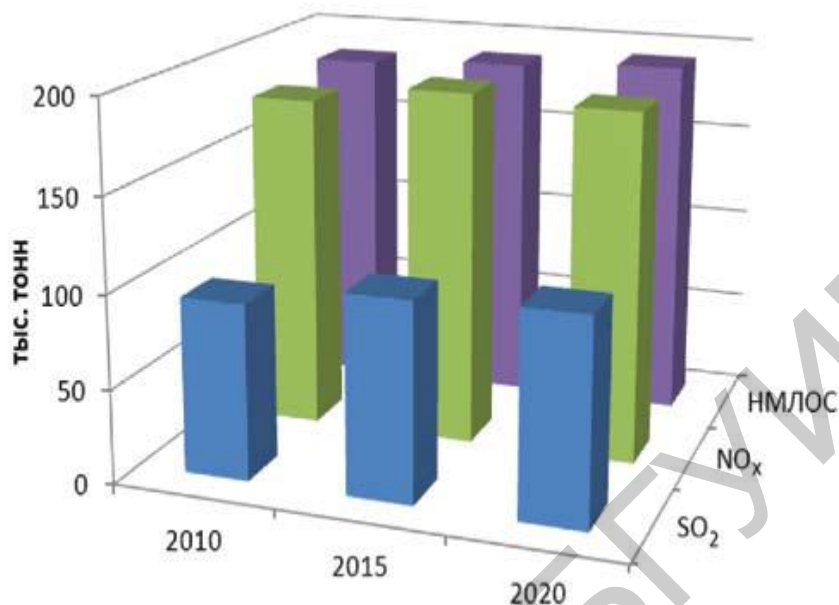


Рис. 1.2. Прогноз выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Беларуси до 2020 г.

Таблица 1.5

Прогноз ожидаемого распространения выбросов SO₂, NO_x, НМЛОС и аммиака в атмосферном воздухе в Беларуси до 2020 г., тыс. т

| Загрязняющее вещество | 2009 г. | 2015 г. | 2020 г. |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Диоксид серы SO ₂ | 140,90 | 105,58 | 108,27 |
| Оксиды азота NO _x | 175,20 | 189,42 | 186,31 |
| НМЛОС | 286,16 | 188,30 | 192,41 |

Кроме того, автомобильный транспорт является одним из источников шумового загрязнения. В городах с интенсивным автомобильным движением уровень шума превышает 70 дБ. На автомагистралях крупных городов Беларуси количество шума составляет 70 – 85 дБ, допустимая норма – 60 дБ (табл. 1.6) [4].

Таблица 1.6

Оценка основных источников транспортного шума

| Вид транспорта | Эквивалентный уровень шума, дБ |
|---|--------------------------------|
| Легковые автомобили (на расстоянии 7,5 м) | 77 |
| Автобусы и грузовые автомобили | 78 – 83 |
| Железнодорожный (на расстоянии 20 м) | 90 – 101 |
| Воздушный | 98 – 105 |

Мероприятия по борьбе с выбросами автотранспорта загрязняющих веществ в атмосферный воздух:

1. Перевод автомобилей на дизельные двигатели. Возрастающий интерес к дизельному двигателю связан не только с удешевлением эксплуатации автомобилей, но и уменьшением загрязнения окружающей среды.

2. Газ вместо бензина. Это позволит не только повысить чистоту воздушного бассейна в крупных городах, но и высвободить для нужд народного хозяйства немало дефицитного жидкого топлива.

3. Электромобиль. Считается целесообразным перевод автомобилей на электротягу, особенно в крупных городах. Оценки показывают, что к 2025 г. электромобили могут составить 15 % от общего числа автомобилей мира.

4. Внедрение альтернативных видов топлива. Биогаз состоит на 60 – 70 % из метана (с теплотворной способностью 5000 ккал на 1 м³).

Расчетная оценка количества вредных веществ в атмосферу от автотранспорта

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом. Исходными данными для расчета количества выбросов являются:

- количество единиц автотранспорта разных типов, проезжающего по определенному участку автотрассы в единицу времени;
- нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении приведены в табл. 1.7) [4].

Таблица 1.7

Средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города

| Тип автотранспорта | Средние нормы расхода топлива (литр на 100 км) | Удельный расход топлива, U_i (литр на 1 км) |
|-------------------------------|--|---|
| Легковой автомобиль | 11 – 13 | 0,11 – 0,13 |
| Грузовой автомобиль | 29 – 33 | 0,29 – 0,33 |
| Автобус | 41 – 44 | 0,41 – 0,44 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 31 – 34 | 0,31 – 0,34 |

Значения эмпирических коэффициентов, определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в табл. 1.8 [4].

Таблица 1.8

Эмпирические коэффициенты, определяющие выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего

| Вид топлива | Значение коэффициента, К | | |
|--------------|--------------------------|--------------|---------------|
| | Угарный газ | Углеводороды | Диоксид азота |
| Бензин | 0,6 | 0,1 | 0,04 |
| Диз. топливо | 0,1 | 0,03 | 0,04 |

Коэффициент K численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента в литрах при сгорании в двигателе автомашины количества топлива (также в литрах), необходимого для проезда 1 км (т. е. равного удельному расходу).

Справочные значения предельно допустимых концентраций приведены в табл. 1.9 [4].

Таблица 1.9

Значения предельно допустимых концентраций веществ

| Вещество | Свойства вещества | Основные источники поступления в атмосферу | ПДК _{нм} , мг/м ³ | ПДК _{рз} , мг/м ³ |
|-------------------------|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Диоксид серы | Раздражает дыхательные пути, ощутимый при 0,4 – 1,3 мг/м ³ | Сгорание угля, производство резиновых изделий | 0,5 | 10 |
| Оксид, диоксид азота | Раздражает дыхательные пути. Активно взаимодействует с другими загрязнителями | Выхлопные газы автотранспорта, продукты сгорания | 0,04 0,085 | 2 5 |
| Монооксид углерода | Ядовитый газ, обладающий кумулятивным эффектом. Время жизни в атмосфере – 2–4 мес. | Продукты неполного сгорания топлива, выбросы промышленных предприятий | 5,0 | 20 |
| Углеводороды нефти | Бесцветные пары | Выхлопные газы тепловых двигателей | 100 (пентан) | 300 |
| Хлор | Желто-зеленоватый газ, сильный окислитель | Транспортировка сжиженного хлора | 0,1 | 1,0 |
| Фтор-водород, | Бесцветный газ, сильный раздражитель дыхательных путей | Выбросы предприятий по производству фосфорита, алюминиевых заводов | 0,02 | 0,5 |
| Аммиак, NH ₃ | Бесцветный газ с резким характерным запахом | Выбросы животноводческих комплексов, холодильных установок | 0,2 | 20 |
| Сероводород | Бесцветный ядовитый газ | Выбросы химических предприятий | 0,008 | 10 |
| Оксид углерода | Бесцветный газ, продукт жизнедеятельности организмов | Дыхание животных и растений, сгорание органических остатков | 3 | 20 |
| Формальдегид | Бесцветный газ с резким запахом | Выбросы химических предприятий | 0,05 | 4 |

Примечание. ПДК_{рз} – это концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны в мг/м³, которая при ежедневном вдыхании в течение 8 ч не должна вызывать у работающих каких-либо заболеваний или отклонений от нормального состояния здоровья. ПДК_{нм} – это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест в мг/м³.

Пример выполнения задания

Задание. Рассчитать количество выбросов вредных веществ в воздух, поступающее от автотранспорта на участке автотрассы, расположенной вблизи БГУИР. Протяженность участка между 2 и 4 учебными корпусами составляет 1 км.

Определяем количество единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Количество единиц автотранспорта, пройденного за 1 ч, рассчитывают, умножая на 3 количество, полученное за 20 мин. Рассчитываем общий путь, пройденный количеством автомобилей каждого типа за час (L , км) по формуле

$$L = N_i \cdot l, \quad (1.1)$$

где N_i – количество автомобилей каждого типа;

i – обозначение типа автотранспорта ($i = 1$ для легковых автомобилей;

$i = 2$ для грузовых автомобилей; $i = 3$ для автобусов; $i = 4$ для дизельных грузовых автомобилей);

l – длина участка, км (по условию равна 1 км).

Данные расчетов заносим в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Автотранспорт, движущийся по выбранному участку

| Тип автотранспорта | Всего за 20 мин, шт. | За час, N_i шт. | Общий путь за 1 ч, L , км |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Легковые автомобили | 263 | 789 | 789 |
| Грузовой автомобиль | 3 | 9 | 9 |
| Автобус | 2 | 6 | 6 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 1 | 3 | 3 |

Рассчитываем количество топлива (Q_i , л), сжигаемого двигателями автомашин, по формуле

$$Q_i = L_i \cdot Y_i, \quad (1.2)$$

где L_i – общий путь каждого вида автотранспорта за 1 ч;

Y_i – удельный расход топлива (значения Y_i приведены в табл. 1.10).

$$Q_1 = 789 \cdot 0,12 = 94,68 \text{ л};$$

$$Q_2 = 9 \cdot 0,31 = 2,79 \text{ л};$$

$$Q_3 = 6 \cdot 0,42 = 2,52 \text{ л};$$

$$Q_4 = 3 \cdot 0,33 = 0,99 \text{ л}.$$

Полученный результат заносим в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Количество сожженного топлива каждым видом транспортного средства

| Тип автотранспорта | L_i , км | Q_i , л |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Легковой автомобиль | 789 | 94,68 |
| Грузовой автомобиль | 9 | 2,79 |
| Автобус | 6 | 2,52 |
| Дизельный грузовой автомобиль | 3 | 0,99 |
| Всего ΣQ | | 100,98 |

Определяем общее количество сожженного топлива каждого вида (ΣQ) при условии использования вида топлива каждым типом автотранспорта в соотношении N_b / N_d (N – количество автомобилей с бензиновым или дизельным двигателем).

Количество автомобилей с бензиновым двигателем в Беларуси составляет около 76 %, с дизельным – 24 %.

Результаты заносим в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Количество сожженного бензина и дизельного топлива

| Тип автотранспорта | Тип двигателя, N_b / N_d | Бензин, л | Диз. топливо, л |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------------|
| Легковой автомобиль | 600/189 | 72,0 | 22,68 |
| Грузовой автомобиль | 9/0 | 2,79 | – |
| Автобус | 0/6 | – | 2,52 |
| Дизельный грузовой | 0/3 | – | 0,99 |
| Всего ΣQ_i | | 74,79 | 26,19 |

Рассчитываем количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива (данные табл. 1.8 и 1.12). Результаты заносим в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Количество выделившихся вредных веществ по каждому виду топлива

| Вид топлива | ΣQ_i , л | Количество выделившихся вредных веществ, л | | |
|------------------|------------------|--|------------------------------|-----------------|
| | | СО | Углеводороды (C_5H_{12}) | NO ₂ |
| Бензин | 74,79 | 44,87 | 7,48 | 29,9 |
| Диз. топливо | 26,19 | 2,61 | 0,79 | 1,04 |
| Всего (V) | | 47,3 | 8,27 | 4,03 |

Рассчитываем массу выделившихся вредных веществ (m , г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (1.3)$$

где M – молярная масса вещества;

V – количество выделившихся вредных веществ, л.

$$M(\text{CO}) = 12 + 16 = 28;$$
$$M(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 5 \cdot 12 + 1 \cdot 12 = 72;$$
$$M(\text{NO}_2) = 14 + 16 \cdot 2 = 46.$$

Рассчитываем количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды. Результаты заносим в табл. 1.14.

Таблица 1.14

Масса выделившихся вредных веществ в атмосферу от работы автотранспорта

| Вид вещества | Масса, т, г | Количество воздуха, м ³ | ПДК мг/м ³ |
|-----------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|
| СО | 59,13 | 11826 | 5,0 |
| Углеводороды | 26,6 | 266 | 100 |
| NO ₂ | 8,3 | 97647 | 0,085 |

Задания для самостоятельной работы

Задание. Рассчитать массу выбросов вредных веществ в воздух, поступающих от автотранспорта, и количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ и для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды на участке автотрассы (данные по интенсивности транспортного потока за 20 мин по всем видам транспортных средств приведены в табл. 1.10). Варианты заданий даны в табл. 1.15.

Результаты расчетов оформить в виде таблиц (табл. 1.10 – 1.14).

Таблица 1.15

Варианты заданий для самостоятельной работы

| Вариант | Протяженность участка, м | Временной интервал, мин |
|---------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 500 | 15 |
| 2 | 700 | 30 |
| 3 | 1300 | 45 |
| 4 | 1500 | 90 |
| 5 | 1800 | 120 |
| 6 | 2000 | 240 |
| 7 | 2500 | 480 |
| 8 | 3000 | 1440 |

Контрольные вопросы

1. Объясните значение термина «запыленность воздуха». От чего зависит степень опасности пылевидных частиц в атмосферном воздухе?
2. Назовите отличительные особенности органической и неорганической пыли. Чем определяется скорость осаждения пыли в воздухе?

3. Как на организм человека влияют разные виды загрязнителей атмосферного воздуха и почему?

4. Какая связь существует между запыленностью атмосферы и «парниковым эффектом»?

5. Назовите отличительные особенности автомобильного транспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха.

6. От чего зависит концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе городов?

7. Какой тип двигателя в меньшей степени загрязняет атмосферный воздух и почему?

8. Что такое «шумовое загрязнение»? Назовите основные источники транспортного шума. Норма шума для автомагистралей.

9. Назовите мероприятия, предупреждающие загрязнение атмосферы в результате работы автотранспорта.

Литература

1. Степановских, А. С. Прикладная экология / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ, 2003.

2. Состояние окружающей среды Республики Беларусь : нац. доклад – Минск : Белтаможсервис, 2010. – 150 с.

3. Автомобильный транспорт и охрана окружающей среды. – Саратов : Ареал, 2000. – 178 с.

4. Поворова, О. В. Практикум по экологии : учеб.-метод. пособие / О. В. Поворова, Г. Н. Тихончук. – Могилев : МГУ, 2007. – 108 с.

Практическая работа №2

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Основное экологическое и хозяйственное значение вод

Вода является самым распространенным и самым необыкновенным веществом на Земле, всеобщим достоянием и основой жизни людей. Она необходимо повсеместно для питья, умывания, приготовления пищи, уборки помещений, выращивания сельхозпродукции, она нужна для работы промышленных предприятий и энергетики. Для удовлетворения потребностей современных городов в воде требуются огромные ее количества, измеряемые от десятков тысяч до миллионов метров кубических в сутки.

Водные ресурсы – это все пригодные для хозяйственного использования запасы поверхностных и подземных вод, включая почвенную и атмосферную влагу. Данные виды ресурсов являются важнейшим природно-ресурсным потенциалом Республики Беларусь, который интенсивно используется населением и различными отраслями народного хозяйства. Они относятся к категории возобновляемых природных ресурсов. Тем не менее их использование должно быть строго регламентировано с целью исключения необратимых изменений в состоянии окружающей среды.

По характеру использования водных ресурсов отрасли народного хозяйства делят на водопотребителей и водопользователей.

Водопользование связано с процессами, когда используют не воду как таковую, а ее энергию или водную среду. На такой основе развивается гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, система отдыха и спорта и др. При этом нет потерь воды. При **водопотреблении** вода изымается из ее источников (рек, водоемов, водоносных пластов) и используется в промышленности, сельском хозяйстве, для коммунально-бытовых нужд; Водопотребление с точки зрения использования водных ресурсов подразделяют на **возвратное** (возвращаемое к источнику) и **безвозвратное** (потери).

Водохозяйственный комплекс Беларуси представляется совокупностью водных объектов, систем водоснабжения и канализации населенных пунктов, промышленного и сельскохозяйственного производства, гидромелиорации и гидротехнических систем, обеспечивает основу стабильного и устойчивого развития хозяйственного комплекса страны и имеет важнейшее значение для устойчивого развития экономики республики, решения экологических, экономических и социальных проблем. При этом проблема обеспечения качественной питьевой водой стоит в ряду национальных приоритетов и является основной задачей национальной безопасности Беларуси как фактор улучшения качества жизни: улучшение и сохранение здоровья населения и безопасность нации в целом.

Большим расходом воды сопровождаются производственные процессы на промышленных предприятиях. При этом предприятия отдельных

отраслей промышленности (химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная) и энергохозяйства потребляют количество воды, нередко значительно превосходящее коммунальное водопотребление крупных городов. Некоторые промышленные предприятия предъявляют к качеству потребляемой воды специфические, иногда очень высокие, требования, поскольку от количества и качества используемой воды и организации водоснабжения промышленного предприятия в значительной мере зависят качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Кроме обеспечения водой населения и промышленности, огромное значение имеет сельскохозяйственное водоснабжение для животноводства и искусственного орошения земель в целях успешного выращивания сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев. Только для производства тонны зерна необходимо 1000 м^3 воды, картофеля – $500 - 1500 \text{ м}^3$, куриного мяса – $3500 - 5000 \text{ м}^3$, говядины – от $15\ 000$ до $70\ 000 \text{ м}^3$ воды.

С целью обеспечения рационального использования водных ресурсов и с тем, чтобы сохранить их в интересах будущих поколений, правительством Республики Беларусь в качестве программного документа принята модель устойчивого развития, которая направлена на решение проблем восстановления благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала страны для удовлетворения потребностей ее жителей. Данная модель связана объективной оценкой водохозяйственной ситуации, разработкой и принятием мер по рациональному использованию и сохранению водно-ресурсного потенциала и должна решаться в комплексе с рациональным использованием и охраной водных ресурсов как по регионам, так и в целом по стране с учетом трансграничного переноса загрязняющих веществ. Важное значение придается координированию усилий между органами землепользования и управления водными ресурсами. Все больше внимания уделяется многоцелевому использованию водных объектов для целей водоснабжения, гидроэнергетики, транспорта, промышленности, сельского хозяйства, рыболовства, рекреационных целей. При этом во главу водохозяйственной деятельности стала защита водных экосистем от различных источников загрязнения.

Общая характеристика водных ресурсов

Республика Беларусь располагает достаточными ресурсами возобновляемых поверхностных (водотоков, водоемов) и подземных вод для удовлетворения как текущих, так и ожидаемых в перспективе потребностей в воде (рис. 2.1).

Водные ресурсы республики включают в себя речной сток (перемещение воды в виде потока по речному руслу) и запасы воды в водоемах, а также естественные и эксплуатационные ресурсы подземных вод.

Характеристика водных ресурсов определяется главным образом метеорологическими условиями, количеством выпавших осадков, гидравлической взаимосвязью поверхностных и подземных вод.

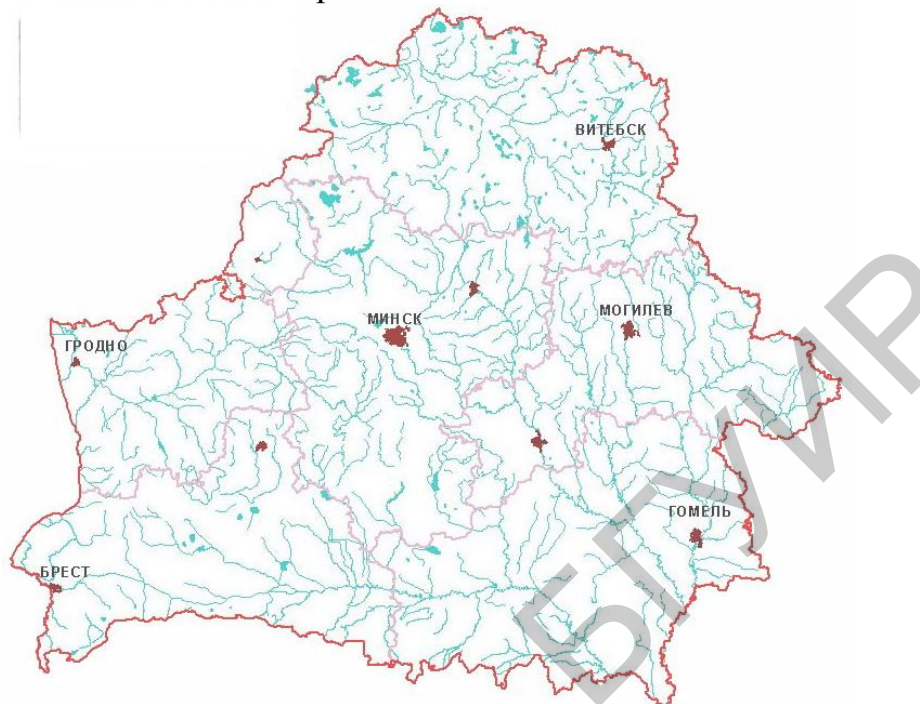


Рис. 2.1. Картограмма гидрографической сети Республики Беларусь

Отличительной особенностью водных ресурсов Республики Беларусь является наличие водораздела, что обуславливает и их принадлежность к бассейнам Черного (55 % речного стока) и Балтийского (45 % речного стока) морей, а также формирует тесные территориальные и хозяйственные связи с сопредельными странами (Россией, Украиной, Польшей, Литвой и Латвией), что вызывает необходимость выполнения определенных международных обязательств, поскольку до 80 % стока рек формируется на территории Беларуси.

Ресурсы природных поверхностных водотоков представлены 20,8 тыс. равнинными реками и ручьями, суммарной протяженностью 90,6 тыс. км, из них средних рек (протяженностью 101 – 500 км) – 41, общая длина которых составляет 6,7 тыс. км, малых рек и ручьев (протяженностью до 10 км) – 19,3 тыс. с общей длиной 48,8 тыс. км. По территории Республики Беларусь протекает семь крупных рек (протяженностью более 500 км), имеющих важное хозяйственное значение, являющихся трансграничными (за исключением Березины).

Воды поверхностных водоемов аккумулированы в озерах (около 7 км³ воды), водохранилищах (3,1 км³) и прудах (0,5 км³). При этом озера – естественные природные объекты, водохранилища и пруды – искусственные сооружения, выполняющие различные функции. В республике имеется около 10,8 тыс. озер и 153 водохранилища, причем 88 % озер имеют площадь зеркала до 10 га и 2,2 % – более 100 га.

Суммарная площадь водохранилищ составляет около 800 км², или 0,4 % площади страны. Из общего числа водохранилищ преобладают водохранилища руслового типа (более 50 %). Водоохранилищ, созданных в результате подпора плотинами уровня воды в озерах, насчитывается 16 (11 % от общего числа). В настоящее время по экономическим соображениям наметилась тенденция закрытия наливных водохранилищ.

Кроме водохранилищ в республике получило большое распространение строительство прудов различного назначения, которых насчитывается более 1500 единиц, и 18 полносистемных рыбоводческих хозяйств.

Основной водохозяйственной характеристикой является *обеспеченность*, характеризующаяся запасами воды в расчете на один квадратный километр территории на одного человека и запасами воды в расчете на одного человека.

По обеспеченности водными ресурсами Республика Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях, однако для территории республики характерна дифференциальная неоднородность, которая усугубляется неравномерным размещением населения и производства. Обеспеченность водными ресурсами на душу населения в республике близка к средневропейской, но при этом значительно выше, чем в соседних странах – Польше и Украине (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Обеспеченность водными ресурсами Беларуси и других государств

| Страна | Водные ресурсы, км ³ /год (местный сток) | Обеспеченность в средний по водности год, тыс. м ³ на одного жителя | | |
|----------|---|--|------------------------------|-------------------------------|
| | | общим речным стоком | водами местного формирования | в том числе подземными водами |
| Россия | 4003 | 30,7 | 28,5 | 2,0 |
| Норвегия | 376 | 92 | 89,0 | 27,6 |
| Польша | 85,4 | 1,7 | 1,5 | 0,95 |
| Украина | 49,9 | 4,1 | 1,0 | 0,2 |
| Беларусь | 36,4 | 5,7 | 3,6 | 1,4 |
| Латвия | 17,1 | 12,6 | 6,0 | 1,5 |
| Литва | 15,3 | 6,8 | 3,7 | 1,2 |

В мировом масштабе водообеспеченность на одного жителя Беларуси считается ниже средней, поскольку средняя мировая обеспеченность полным речным стоком составляет 11,2 тыс. м³ в год на душу населения.

Поверхностные воды

Запасы поверхностных вод в основном сосредоточены в реках, озерах, водохранилищах, прудах и на заболоченных территориях. При этом оценка данных запасов проводится как количественно (суммарные объемы вод), так и качественно (состояние загрязненности, наличие посторонних примесей и взвесей).

Ресурсы поверхностных вод

Ресурсы речного стока Республики Беларусь в средние по водности годы составляют 57 км^3 , в многоводные годы (половодья и паводки) могут увеличиваться до 96 км^3 , а в маловодные (межень) – снижаться до 25 км^3 (табл. 2.2), при этом **водностью** называется количество воды, проносимое рекой с ее бассейна за отрезок времени (месяц, сезон и т. д.) по сравнению с нормой (средним значением) для данного периода. По величине водных ресурсов речного стока Республика Беларусь занимает четвертое место в Европе после Норвегии ($376 \text{ км}^3/\text{год}$), Великобритании ($152 \text{ км}^3/\text{год}$) и Польши ($85,4 \text{ км}^3/\text{год}$).

Основной объем местного речного стока (65 %) формируется в водосборах Западной Двины с Ловатью, Немана с Вилией и Припяти. Значительно меньше речного стока приходится на долю Днепра с Березиной и Сожем (31 %), сток Западного Буга составляет 4 % (см. табл. 2.2). Преобладающая часть транзитного стока поступает по Западной Двине (35 %) и Припяти (28 %). Распределение местного годового стока весьма неравномерно. За три весенних месяца по рекам западной и центральной частей республики (бассейны Немана, Вилии, Березины) протекает в среднем 42 – 47 % годового стока, а по остальным до 56 – 62 %. На каждый из девяти месяцев летнего и осенне-зимнего периодов приходится в среднем примерно по 4 – 6 % годового стока.

Таблица 2.2

Ресурсы речного стока

| Водосбор | Площадь водосбора, тыс. км ² | Местный сток, км ³ | | | Приток в средний год, км ³ | Общий сток в средний год, км ³ |
|----------------------------|---|-------------------------------|------|------|---------------------------------------|---|
| | | в год средний по водности | 75 % | 95 % | | |
| Западная Двина (с Ловатью) | 33,2 | 6,50 | 5,24 | 3,89 | 7,29 | 13,79 |
| Неман (с Вилией) | 46,0 | 9,26 | 8,02 | 6,28 | нет | 9,26 |
| Западный Буг | 12,0 | 1,49 | 1,10 | 0,75 | нет | 1,49 |
| Днепр | 17,6 | 3,08 | 2,43 | 1,71 | 3,46 | 6,54 |
| Березина | 24,5 | 4,48 | 3,84 | 3,13 | нет | 4,48 |
| Сож | 21,6 | 3,64 | 2,86 | 2,06 | 4,24 | 7,88 |
| Припять | 52,7 | 7,97 | 5,91 | 4,03 | 5,73 | 13,7 |
| Беларусь | 207,6 | 36,4 | 31,1 | 24,5 | 20,7 | 57,1 |

Качество поверхностных вод

Качество поверхностных вод, оценка состояния водных объектов и уровня их загрязнения определяются с использованием утвержденных критериев оценки (показателей качества воды и нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения), показателя качества – индекса загрязненности вод (ИЗВ), показателя превышений ПДК от общего числа определений (повторяемость концентраций выше 1,0 ПДК по конкретному веществу или по сумме ингредиентов), а также экологических показателей (величин БПК₅, концентраций аммонийного азота, фосфора фосфатного и нитратов в реках, общего фосфора и азота в озерах).

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов: растворенного кислорода (O₂), легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного (NH₄⁺), азота нитритного (NO₂⁻), фосфатов (HPO₄²⁻; H₂PO₄⁻) и нефтепродуктов.

Классификация качества вод по величине ИЗВ приведена в табл. 2.3

Таблица 2.3

Классификация качества воды по гидрохимическим показателям

| Класс качества воды | Величина ИЗВ | Характеристика качества |
|---------------------|---------------------|-------------------------|
| I | Менее или равно 0,3 | Чистая |
| II | Более 0,3–1,0 | Относительно чистая |
| III | Более 1,0–2,5 | Умеренно загрязненная |
| IV | Более 2,5–4,0 | Загрязненная |
| V | Более 4,0–6,0 | Грязная |
| VI | Более 6,0–10,0 | Очень грязная |
| VII | Более 10,0 | Чрезвычайно грязная |

Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям осуществляется с помощью методов биоиндикации, основанных на изучении структуры гидробиоценозов или их отдельных компонентов.

По данным Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР) анализ состояния поверхностных водных объектов показывает, что для большинства водотоков на территории Республики Беларусь качество воды колеблется в широком диапазоне от относительно чистой до загрязненной. Вместе с тем уровень загрязненности ряда водных объектов превышает существующие нормативные требования. Определяющее влияние на качество речных вод оказывают рассредоточенные (неточечные) источники загрязнения, обусловленные преимущественно сельскохозяйственной деятельностью (животноводческие стоки, смывы с неканализованных территорий и с сельскохозяйственных угодий избытков органических и минеральных удобрений и пестицидов, сухие и мокрые

выпадения из атмосферы и др.). Существенное влияние на качество поверхностных вод в республике оказывают крупные животноводческие комплексы по выращиванию крупного рогатого скота и откорму свиней. По своему воздействию на природные объекты неочищенные стоки животноводческих комплексов эквивалентны отходам высшей категории вредности, в составе которых преобладают органические вещества, аммонийный азот, фосфаты, тяжелые металлы, оказывающие негативное влияние на воду, ухудшающие ее гигиенические и санитарно-химические показатели. Повышение концентрации питательных веществ (эвтрофикация) приводит к нарушению биологического равновесия в водоеме. Вначале в таком водоеме резко увеличивается количество микроскопических водорослей. С увеличением кормовой базы возрастает количество ракообразных, рыб и других водных организмов. Затем происходит отмирание огромного количества организмов. Оно приводит к расходованию всех запасов кислорода, содержащегося в воде, и накоплению сероводорода. Обстановка в водоеме меняется настолько, что он становится непригодным для существования любых форм организмов. Водоем постепенно «умирает».

При современном уровне очистки сточных вод отмечается, что за последние 5 лет (начиная с 2010 г.) содержание азота аммонийного в поверхностных водах страны в целом снизилось на 18 %, фосфора фосфатного – на 13 % и фосфора общего – на 27 %. Среднегодовые концентрации соединений цинка в целом по республике снизились на 40 % за период 2010–2014 гг. Повсеместно улучшилось качество речных вод (включая крупные реки и большинство притоков первого порядка с рассредоточенными источниками сбросов) по содержанию нефтепродуктов, среднегодовые концентрации которых в 2014 г. не превышали ПДК. Что улучшило прозрачность вод в разы.

Для всех водных объектов республики присуще повышенное содержание железа общего, соединений меди и марганца, обусловленное высоким региональным фоном этих металлов в природных средах, но в большей мере характерно для водных объектов бассейна Припяти.

Результаты мониторинга за 2014 г. свидетельствуют о том, что 85 % озер и водохранилищ республики имеют достаточно высокий экологический статус. При этом 8 % из них, расположенные преимущественно в пределах бассейна реки Западная Двина, классифицируются как «чистые».

В перечне приоритетных показателей загрязнения поверхностных вод остаются биогены: фосфор фосфатный, азот аммонийный и азот нитритный.

Главными источниками поступления фосфатов в реки являются коммунально-бытовые и промышленные сточные воды городов, стоки сельскохозяйственных предприятий и поверхностный сток с урбанизированных территорий, воздействие которых приводит к трансформации естественного режима фосфатов, росту концентраций рассматриваемого ингредиента в воде и развитию процессов, способствующих эвтрофикации речных экосистем.

Наиболее характерно для рек страны загрязнение вод азотом аммонийным. Так, «аммонийное» загрязнение Западной Двины на протяжении ряда лет (2006 –

2014 г.) отчетливо прослеживается на отрезке реки от города Полоцка до города Верхнедвинска.

Загрязнение Немана азотом аммонийным характерно на участке реки в районе города Столбцы и ниже Гродно.

Для Западного Буга «аммонийное» загрязнение речной воды отчетливо выявляется в районе населенного пункта Речица, а в отдельные годы отмечается в районе города Бреста и далее ниже по течению реки. Вода реки Муховец загрязнена азотом аммонийным от городов Кобрина до Бреста.

Загрязнение воды Днепра азотом аммонийным по наблюдениям за 2014 г. отмечалось главным образом в районе городов Речицы и Лоева, где зарегистрированы превышения ПДК в 1,4 – 2,3 раза. Загрязнение Березины наблюдалось на всем контролируемом участке реки, но наиболее отчетливо проявилось ниже городов Борисова и Светлогорска с превышением ПДК соответственно в 3,2 и 2,7 раза. «Аммонийное» загрязнение воды Сож установлено в районе города Гомеля.

Судя по среднегодовым концентрациям азота аммонийного, загрязнение Припяти наблюдается только на участке реки в районе города Пинска.

В 2014 г. азотом нитритным оказались загрязнены Западная Двина в районе города Витебска, Березина на участке реки от города Бобруйска (5,0 км выше города) до города Светлогорска (2,7 км ниже города), Западный Буг на всем контролируемом отрезке и Припять ниже города Пинска. Наиболее четко выражено «нитритное» загрязнение для Западного Буга, превышение ПДК в 1,8 – 2,7 раза. В месте отведения сточных вод в городе Бресте концентрация азота нитритного в воде реки превысила ПДК в 2,3 раза (ПДК = 0,08).

К рекам, гидрохимический и гидрологический режим которых значительно изменен человеком, в первую очередь относится Свислочь, дренирующая территорию города Минска. Как известно, Свислочь характеризуется высоким уровнем загрязнения воды на протяжении более четырех десятилетий. Наиболее подвержен негативному влиянию отрезок Свислочи между выпуском сточных вод с Минской станции аэрации и населенным пунктом Свислочь.

Подземные воды

Ресурсы пресных подземных вод на территории республики распространены повсеместно и связаны с разновозрастными геологическими формациями.

Подземные воды сосредоточены в 13 водоносных горизонтах, которые используются или могут использоваться для централизованного водоснабжения.

Мощность водоносных слоев пресных вод в разных районах Беларуси в целом варьируется от 50 – 150 до 400 – 450 м и более при средней мощности до 250 – 300 м.

С 1961 по 2014 г. на территории Республики Беларусь разведано 273 месторождений (участков водозаборов) для хозяйственно-питьевого водоснабжения 153 населенных пунктов с эксплуатационными запасами

пресных подземных вод в количестве несколько более 6,66 млн м³/сут. (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Ресурсы подземных вод в границах административных областей

| Области, речные бассейны | Ресурсы пресных подземных вод, тыс. м ³ /сут. | |
|--------------------------|---|------------------|
| | Естественные | Эксплуатационные |
| Брестская | 4339 | 5603 |
| Витебская | 9198 | 9550 |
| Гомельская | 5284 | 8477 |
| Гродненская | 7158 | 7688 |
| Минская | 11327 | 11945 |
| Могилевская | 6254 | 6333 |
| По Беларуси | 43560 | 49596 |

В настоящее время действует 161 водозабор (59 % от числа разведанных), не эксплуатируется 112 месторождений (41 %).

Общее представление об использовании эксплуатационных запасов пресных подземных вод можно составить по данным, приведенным в табл. 2.5. Большая часть этих месторождений уже подлежит переоценке или не может быть освоена в связи с изменившейся экономической и экологической ситуацией (удаленность от потребителя, загрязнение подземных вод и др.) и возросшими требованиями к качеству вод.

Таблица 2.5

Распределение эксплуатационных запасов пресных подземных вод по административным областям Беларуси (по состоянию на 01.01.2014)

| Область | Кол-во участков месторождений | Эксплуатационные запасы тыс. м ³ /сут | | | | |
|---------------------|-------------------------------|--|--------|----------------|----------------|--------|
| | | A | B | C ₁ | C ₂ | Всего |
| Брестская | 43 | 394,2 | 406,3 | 77,4 | 10,0 | 887,9 |
| Витебская | 35 | 431,4 | 264,2 | 198,9 | – | 894,5 |
| Гомельская | 78 | 577,4 | 426,6 | 145,2 | 10,0 | 1159,3 |
| Гродненская | 35 | 320,1 | 388,3 | 126,9 | – | 835,3 |
| Минская | 88 | 848,5 | 983,1 | 255,5 | 415,5 | 2502,6 |
| Могилевская | 44 | 523,7 | 13,2 | 100,6 | – | 837,5 |
| Республика Беларусь | 323 | 3095,4* | 2681,6 | 904,5 | 435,5 | 7117,0 |

*Незначительное расхождение между итогами и суммами слагаемых объясняется округлением.

Здесь А – наиболее разведанные, с точно определенными границами залегания и подготовленные к добыче.

В – предварительно разведанные запасы, с примерными запасами.

C₁ – разведанные в общих чертах и подсчитанные с помощью экстраполяции геологических данных.

C₂ – прогнозные запасы.

Результаты режимных наблюдений за уровнями подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов на конец 2014 г. подтверждают, что водозаборы работают в условиях установившегося или близкого к нему режима фильтрации, кроме находящихся в стадии строительства или начального этапа эксплуатации.

Минеральные воды

Республика Беларусь располагает значительными ресурсами минеральных вод, которые используются для санаторно-курортного лечения и употребления в лечебно-профилактических целях. Минеральные воды различного химического состава и минерализации содержатся в отложениях от мезозоя до верхнего протерозоя и трещиноватой зоны кристаллического фундамента.

На территории республики имеются 224 скважины с минеральной водой, которые находятся на территориях санаторно-курортных зон, лечебных учреждений и предприятий по розливу минеральных вод. Из них постоянно эксплуатируется 130 скважин, а остальные работают периодически или временно законсервированы.

Согласно нормативному документу СТБ 880-95 в зависимости от степени минерализации минеральные воды подразделяются на лечебно-столовые (минерализация 1 – 10 г/дм³), питьевые лечебные (минерализация 10 – 15 г/дм³) и бальнеологические (> 15 г/дм³).

Добыча минеральных вод в Республике Беларусь составляет 321,0 тыс. м³/год (117,0 – в санаториях и 204,0 – на предприятиях по розливу). Территории отдельных областей республики недостаточно освоены. Это связано как с неравномерным распределением ресурсов минеральных вод, так и со слабой изученностью многих районов, особенно северных и северо-восточных (Оршанская впадина), где пробурено недостаточное количество глубоких скважин, вскрывших весь осадочный чехол.

Качество подземных вод

Для Республики Беларусь свойственны маломинерализованные (от 15 – 50 до 500 – 700 мг/дм³) подземные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, которые удовлетворяют общим требованиям СанПиН 10-124 РБ 99. Вместе с тем известны обширные территории, где их качество не соответствует указанным стандартам из-за высокого содержания железа, реже марганца и бора, а также практически повсеместного дефицита фтора, йода, других микроэлементов и даже низкого общего солесодержания, не соответствующего оптимуму (200 – 500 мг/дм³) для питьевых вод.

На природное геолого-геохимическое загрязнение подземных вод накладывается интенсивное и разнообразное антропогенное загрязнение: промышленное, сельскохозяйственное и хозяйственно-бытовое. В результате

подземные воды, а во многих местах и глубоко залегающие напорные загрязнены нитратами, тяжелыми металлами, высокотоксичными металлоорганическими ионными композициями, пестицидами, а также легколетучими органическими веществами высоких классов опасности (бензол, транс-1,2-дихлорэтилен, фенол, анилин, сероуглерод и др.).

Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны. Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из прудов-накопителей, отстойников, промышленных площадок, полигонов твердых бытовых отходов и др.

В пределах сельских и городских населенных пунктов химический состав грунтовых, а нередко и напорных подземных вод трансформируется под влиянием коммунально-бытового загрязнения. Оно формируется за счет утечек из выгребных ям и канализационных систем, поступления в подземные воды загрязненных стоков с полей фильтрации и полигонов коммунальных отходов. В пределах сельских населенных пунктов этому загрязнению, как правило, сопутствует сельскохозяйственное загрязнение (приусадебные участки, скотные дворы и др.), а в городах на коммунально-бытовое загрязнение накладывается промышленное загрязнение.

Загрязнение более глубоких водоносных горизонтов, используемых для централизованного водоснабжения, зависит от степени их защищенности. В результате из строя выводятся многие эксплуатационные скважины, отдельные крупные водозаборы и месторождения подземных вод, соответственно уменьшаются и ранее оцененные ресурсы питьевых подземных вод – важнейшего гидрогеологического и стратегического потенциала Беларуси.

подавляющая часть (более 82 %) колодцев, составляющих основу водоснабжения многих сельских населенных пунктов и небольших городов, не удовлетворяет санитарным нормам по химическим (NO_3^- , Cl^- и др.) и микробиологическим показателям.

На площади всех сельскохозяйственных земель, где вносятся минеральные или органические удобрения, естественный гидрогеохимический фон подземных вод существенно нарушен. В первую очередь это выражается в росте содержания в водах таких компонентов, как NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Na^+ , и некоторых других. Участками особенно интенсивного сельскохозяйственного загрязнения неглубоко залегающих подземных вод являются животноводческие фермы и поля орошения животноводческими стоками. Загрязнение воды вызывается ростом в ней нитратов (до 80 – 150 мг/дм³) (ПДК = 9,0), аммония (до 5 – 18 мг/дм³) (ПДК = 0,39), хлоридов (до 100 – 180 мг/дм³) (ПДК = 300) и других компонентов.

Промышленное загрязнение проявляется в основном на локальных участках. Перечень компонентов промышленного загрязнения исключительно разнообразен и определяется главным образом характером производства и перечнем веществ, применяемых либо образующихся в технологических процессах. На предприятиях машиностроения и металлообработки – это

нефтепродукты, тяжелые металлы; на предприятиях пищевой промышленности – органические вещества, хлориды и т. д.

Для Беларуси типичными примерами промышленного загрязнения являются техногенные ареалы, сформировавшиеся в районе Солигорских калийных комбинатов и Гомельского химического завода. В районе солеотвалов и шламохранилищ Солигорских калийных комбинатов на площади более 15 км² сформировалась зона хлоридно-натриевого засоления подземных вод, которая захватывает не только горизонт грунтовых вод, но также глубоко залегающие межморенный, палеогеновый и меловой водоносные горизонты.

В районе Гомельского химического завода на участках складирования твердых отходов (отвалы фосфогипса) и хранилищ жидких отходов (шламонакопители и др.) подземные воды существенно загрязнены по фосфатам, фтору, сульфатам, натрию и хлору.

Опасным источником загрязнения подземных вод являются радиоактивные выбросы при аварии на Чернобыльской АЭС. В настоящее время в пределах Беларуси площадь территории с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs выше 37 ГБк/м² (1 Ки/км²) составляет около 46 тыс. км². На этой территории проживает более 1,5 млн человек. Отмечено влияние поверхностного радионуклидного загрязнения на качество подземных вод. Так, в зоне техногенного ареала ЧАЭС активность подземных вод по цезию-137 (¹³⁷Cs) может достигать 0,2 – 0,58 Бк/дм³. По стронцию-90 (⁹⁰Sr) она находится в пределах от сотых до десятых долей Бк/дм³. И в том, и в другом случае это существенно выше доаварийных уровней: 0,0066 и 0,0033 – 0,0185 Бк/дм³ соответственно по ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Качество минеральных вод и возможность их целевого использования определяется общим солевым фоном (концентрации ионов-макрокомпонентов), наличием биологически активных микрокомпонентов, органических веществ, водорастворенных газов, температурой и радиоактивностью. Можно отметить, что каждая из этих групп показателей исследована недостаточно, не изучено их распределение по площади и в разрезе осадочного чехла. В связи с этим можно дать региональную оценку распространения отдельных типов лечебных минеральных вод. Подсчет запасов минеральных вод и оценка гидродинамических характеристик водоносных комплексов выполнены по отдельным скважинам и месторождениям и не дают общей региональной картины распространения пород-коллекторов и перспективных участков для добычи вод.

Использование водных ресурсов

Структура и объемы водопотребления и водоотведения

Общую характеристику использования водных ресурсов в Республике Беларусь за последние 5 лет можно получить на основании данных государственного водного кадастра (табл. 2.6)

Таблица 2.6

Водопотребление и водоотведение

| Показатель | Объем, млн м ³ в год | | | | | 2014 в % К 2013 |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|-----------------------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | |
| Количество отчитывающихся водопользователей | 3423 | 3200 | 3266 | 3199 | 3171 | 99,1 |
| Добыто воды из подземных источников и изъято из водных объектов | 1598 | 1638 | 1642 | 1571 | 1571 | 100 |
| Использовано свежей воды: | 1359 | 1406 | 1442 | 1373 | 1371 | 99,9 |
| - на хозяйственные нужды | 495 | 486 | 492 | 477 | 473 | 96,2 |
| - на производственные нужды | 393 | 423 | 429 | 407 | 405 | 99,5 |
| - на сельхозводоснабжение | 107 | 110 | 114 | 112 | 112 | 100 |
| - на орошение | 7 | 4 | 6 | 5 | 3 | 60,0 |
| - в рыбном прудовом хозяйстве | 357 | 383 | 401 | 372 | 378 | 101,6 |
| Расходы воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения | 6385 | 5973 | 5642 | 5690 | 5803 | 102,2 |
| Отведено сточных вод в водные объекты: | 990 | 1000 | 1015 | 974 | 954 | 97,9 |
| - недостаточно очищенных | 5,3 | 5,8 | 3,4 | 2,9 | 3,4 | 117,2 |
| - нормативно-очищенных | 671 | 662 | 667 | 654 | 635 | 97,1 |
| - не требующих очистки | 314 | 332 | 345 | 317 | 316 | 99,7 |
| Мощность очистных сооружений, после которых сточные воды отводятся в водные объекты | 1562 | 1578 | 1635 | 1640 | 1677 | 102,3 |

В 2014 г. объем добычи (изъятия) воды из водных объектов и подземных вод Республики Беларусь не изменился по сравнению с предыдущим годом и составил 1570,7 млн м³, в том числе изъятие из водных объектов – 704,1 млн м³, добыча подземных вод – 866,6 млн м³

В отчетном году зарегистрировано существенное снижение потребления воды питьевого качества на производственные нужды (на 5,8 млн м³), а также снижение потребления воды из коммунального водопровода на производственные нужды.

До настоящего времени распространены почвенные методы очистки сточных вод. Замена их на современные технологии, а также организация отведения и очистки сточных вод в районах частной застройки является весьма актуальной.

Проблема охраны водных ресурсов от загрязнения остается актуальной. Для ее решения недостаточно мер, направленных на снижение сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод, а также реконструкции и

строительства новых очистных сооружений. Необходима система мер по уменьшению загрязнения водных объектов вследствие смыва удобрений из сельскохозяйственных угодий, поверхностного стока с урбанизированных территорий, транспортных магистралей, автозаправочных станций, складов хранения удобрений, ядохимикатов, нефтепродуктов.

В большинстве городов республики не решена проблема учета количества и качества поверхностного стока, поступающего в водные объекты. Отсутствует система контроля качественного состава поверхностного стока, несовершенна технология его очистки.

В республике наибольшую нагрузку от загрязнения сточными водами испытывают участки рек ниже городов: Минск, Солигорск, Могилев, Гродно, Гомель, Новополоцк, Брест, Витебск, Бобруйск. Здесь наряду с внедрением технологий, направленных на снижение или прекращение отведения сточных вод, крайне важны мероприятия по реконструкции очистных сооружений, а также экономическое стимулирование водоохраных мероприятий.

Очистка вод

Поддержание вод в чистом состоянии заключается в предотвращении их последующего загрязнения. Это должно быть предметом постоянного внимания. Задача заключается в очистке загрязненных вод и доведения их до состояния, позволяющего служить жизненным пространством для водных обитателей, источником питьевой воды и воды для полива сельскохозяйственных культур,

Основными методами очистки сточных вод являются механические, биологические (биохимические), физико-химические. Для ликвидации бактериального загрязнения применяется обеззараживание сточных вод (дезинфекция).

Механический – наиболее доступный метод – применяется главным образом для удаления из сточной жидкости нерастворенных частиц органического или минерального происхождения путем простого отстаивания. К приспособлениям механической очистки относятся *песколовки*, применяемые для задержания частиц минерального происхождения; *отстойники*, необходимые для задержания примесей органического происхождения, находящихся во взвешенном состоянии. Чаще механическая очистка является предварительной стадией перед биологической.

Биохимические методы очистки основаны на использовании жизнедеятельности микроорганизмов-минерализаторов, которые, размножаясь, перерабатывают и тем самым преобразуют сложные органические соединения в простые, безвредные минеральные вещества. Существуют сооружения, в которых биологическая очистка происходит в условиях, близких к естественным (*биологические пруды, поля фильтрации, поля орошения*), и сооружения, в которых очистка стоков осуществляется в искусственно созданных условиях (*биологические фильтры, аэротенки* – специальные емкости).

К **физико-химическим** методам очистки сточных вод относятся электрохимический в электрических полях; ионный обмен; кристаллизация и др.

Все перечисленные способы очистки сточных вод имеют две конечные цели: **регенерацию** – извлечение из сточных вод ценных веществ; **деструкцию** – разрушение загрязняющих веществ и удаление продуктов распада из воды.

Эффективным методом борьбы с загрязнением водоемов является внедрение повторного и оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях. **Оборотным водоснабжением** называется такое водоснабжение, когда вода, забираемая из природного источника, затем охлаждается или очищается без сброса обратно в водоем. В настоящее время объем оборотного и последовательного использования воды достигает 89 %. В процессе **водоотведения** обеспечивается удаление сточных вод за пределы городов и других населенных мест или промышленных предприятий. Более половины стоков, сбрасываемых в поверхностные водоемы земного шара, не проходят даже предварительной очистки. Для сохранения самоочищающей способности воды необходимо более чем десятикратное разбавление стоков чистой водой.

Разбавление сточных вод – это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления качественно характеризуется кратностью разбавления. Известно, что для нейтрализации 1 м³ очищенных сточных вод необходимо их 10 – 12-кратное разбавление чистыми природными водами, а загрязненные (неочищенные) стоки требуют 50-кратного разбавления.

Даже очищенные на 95 – 99 % бытовые стоки (использованная вода из туалета, кухни и ванной) содержат болезнетворные бактерии. По нормам эта вода должна пройти стадию дезинфекции (хлорирование или ультрафиолетовое облучение). В некоторых очистных сооружениях эта операция предусмотрена.

Правительством Республики Беларусь разработана Государственная программа «Чистая вода». В рамках реализации данной программы в нашем государстве строятся современные сооружения водоснабжения, обезжелезивания и очистки, чтобы обеспечить население качественной питьевой водой, улучшить экологическую обстановку и снизить антропогенную и техногенную нагрузку на водные объекты. При сильной загрязненности питьевой воды, для устранения любых патогенных для человека микроорганизмов были разработаны специальные методы ее очистки. Питьевую воду подвергают хлорированию или озонированию, а в некоторых случаях – фторированию. При **хлорировании** очищаемую питьевую воду насыщают газообразным хлором или обрабатывают веществами, выделяющими свободный хлор, такими как, например, гипохлорит, хлорная известь или диоксид хлора. Самое надежное дезинфицирующее действие достигается в том случае, если вода сначала подвергается действию больших количеств хлора, а затем это количество понижается, так как слишком большие количества хлора в питьевой воде могут представлять известную опасность для человека. С другой стороны, некоторое количество хлора должно оставаться в воде, чтобы воспрепятствовать появлению микроорганизмов в трубах водопровода.

Озонирование воды проводится с той же целью, что и хлорирование, – для обеззараживания от болезнетворных микроорганизмов, но оно имеет некоторое преимущество: при озонировании гибнут вирусы. Кроме того, озон не придает неприятного вкуса воде, под влиянием сильного окислительного воздействия в воде разрушаются многие органические соединения и, таким образом, озонирование включается в общий процесс очистки воды. Продукты разрушения органических веществ озонированием могут быть удалены фильтрацией перед поступлением воды в городскую водопроводную систему. Для полного обеззараживания воды приходится использовать столь большие количества озона, что его избыток под конец приходится удалять активированным углем. Нежелательные побочные эффекты озонирования воды заключаются, в частности, в том, что азотсодержащие органические соединения при озонировании высвобождают нитраты, и в том, что могут образовываться токсичные продукты окисления.

Фторирование воды – искусственное добавление фторсодержащих соединений в водопроводную воду для повышения содержания фтора до гигиенических норм. Проводится при низком содержании фтора в питьевой воде. Недостаточное поступление фтора с питьевой водой в организм человека приводит к повышенной заболеваемости населения кариесом зубов и некоторым другим нарушениям. Фторирование воды позволяет снизить заболеваемость населения кариесом зубов на 20 – 40 %. Однако значительное повышение содержания фтора в питьевой воде может привести к ряду болезненных нарушений у человека, в том числе к *флюорозу* (хроническое заболевание костной ткани). В связи с этим фторирование воды проводится по определенным показаниям и под строгим санитарным контролем. Содержание фтора при фторировании воды доводят в питьевой воде обычно до 1 мг/л, а в жаркие дни в связи с увеличением потребления воды – до 0,6 мг/л. В качестве фторсодержащих реагентов чаще всего применяются фтористый и кремнефтористый натрий в сухом виде и в виде раствора (точность дозирования в пределах $\pm 0,5$ %). Санитарно-гигиенический контроль за фторированием воды должен проводиться систематически путем лабораторных исследований проб воды (определение концентрации фтора во фторированной воде) и путем ежедневного сопоставления расхода фторсодержащего реагента с количеством фторированной воды на водопроводных сооружениях.

Методика расчета нормативов допустимых сбросов (ДС) и допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водотоки

Методика основывается на данных гидрологических изысканий участка водотока и результатах аналитических исследований качества сточных и речных вод.

От точки выпуска сточных вод в реку выше по течению на расстоянии 500 м назначается фоновый створ, в котором выполняются гидрологические изыскания с целью установления параметров русла (ширина, средняя глубина), а также

инструментальные измерения поля скоростей для расчета средней скорости потока и коэффициента турбулентной диффузии. В этом же створе отбирается проба воды для аналитических исследований в аккредитованной лаборатории. Аналитические работы проводятся и в створе ниже выпуска сточных вод на расстоянии 500 м, который называется контрольным.

Суть всего комплекса работ заключается в том, чтобы добиться в контрольном створе такого качества воды, которое соответствует требованиям рыбного хозяйства. Конечный результат достигается в результате комплексных исследований гидрологического направления, аналитических исследований качества сточных речных вод и проведением необходимых мероприятий на очистных сооружениях.

Коэффициент турбулентной диффузии E определяется по формуле

$$E = V_{\text{CP}} \cdot H_{\text{CP}} / 200, \quad (2.1)$$

где V_{CP} – средняя скорость течения воды, м/с;

H_{CP} – средняя глубина водотока на участке между выпуском сточных вод и контрольным створом, м.

Коэффициент α , учитывающий гидравлические факторы смешения сточных вод с водой водотока, определяется по формуле

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (2.2)$$

где φ – коэффициент извилистости водотока, равный отношению расстояний между выпуском и контрольным створом по фарватеру и по прямой;

ξ – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа выпуска ($\xi = 1$ при береговом и $\xi = 1,5$ при русловом выпуске);

q – расход сбрасываемых сточных вод, м³/с.

Коэффициент смешения сточных вод с водой водотока рассчитывается по формуле

$$a = \frac{1 - 2,72^{-7,94 \cdot \alpha}}{1 + (Q/q) \cdot 2,72^{-7,94 \cdot \alpha}}, \quad (2.3)$$

где Q – расход воды в водотоке, м³/с.

Расчетная допустимая концентрация ДК загрязняющего вещества в сточных водах, мг/дм³ или мг/л, рассчитывается по формуле

$$\text{ДК} = a \frac{Q}{q} (\text{ПДК} - C_{\phi}) + \text{ПДК}, \quad (2.4)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водотока, мг/дм³;

C_{ϕ} – фоновая концентрация того же загрязняющего вещества в воде водотока выше створа выпуска сточных вод, мг/дм³.

Исходя из нормативов допустимых концентраций, нормы допустимых сбросов загрязняющих веществ определяются по формуле

$$ДС = q \cdot ДК \text{ (г/ч, т/г)}. \quad (2.5)$$

По показателю г/ч (граммов в час) оценивается эффективность работы очистных сооружений, по т/г (тонн в год) рассчитывается плата за природопользование.

Данные для расчета приведены в табл. 2.7, 2.8.

Расчет индекса загрязнения вод (ИЗВ)

Обобщенная оценка состояния поверхностных вод осуществляется по ИЗВ, который рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \dots + \frac{C_6}{\text{ПДК}_6}. \quad (2.6)$$

Разбавление сточных вод

Для определения степени разбавления n сточных вод, сбрасываемых в непроточные водоемы, используется уравнение

$$n = (C_0 - C_B) / (C - C_B), \quad (2.7)$$

где C_0 – концентрация загрязняющего вещества в выпускаемых сточных водах;

C_B и $(C = \text{ПДК})$ – концентрация загрязняющих веществ в водоеме до и после выпуска соответственно.

Разбавление сточных вод, сбрасываемых в водотоки, определяется по формуле

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q}. \quad (2.8)$$

Величины, входящие в формулу (2.8), приведены ранее.

Температурный режим

Особое внимание следует уделять температурному режиму водоемов рыбохозяйственного назначения, т. к. с повышением температуры восприимчивость организмов к токсичным веществам увеличивается, что нередко приводит к гибели рыбы. Для этой категории водоемов температура воды при спуске сточных вод не должна повышаться в летний период более чем на 3 °С, а в зимний период – более чем на 5 °С.

Температура сбрасываемых в водный объект сточных вод должна удовлетворять условию

$$T \leq \left(a \cdot \frac{Q}{q} + 1\right) + T_{\text{доп}} + T_{\text{в}}, \quad (2.9)$$

где T – температура сбрасываемых сточных вод, °С;

$T_{\text{доп}}$ – допустимое повышение температуры воды водного объекта, °С;

$T_{\text{в}}$ – температура воды водного объекта в фоновом створе, °С.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Рассчитать нормативы допустимых сбросов (ДС) и допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водотоки рыбохозяйственного назначения. Исходные данные приведены в табл. 2.7, 2.8. Фоновые концентрации принимаются в размере 60 % от ПДК.

Задание 2. Рассчитать ИЗВ, степень разбавления сточных вод, сбрасываемых в водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, а также температурный режим для летнего и зимнего периодов ($T_{\text{в}}$ летом 20 °С, зимой 4 °С). Данные для расчета ИЗВ приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.7

Исходные данные (сточные воды)

| Наименование показателей (мг/дм ³) | Варианты | | | | | | | ПДК для р/х назначения (мг/дм ³) |
|---|---------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | Расход сточных вод, м ³ /с | | | | | | | |
| | 0,015 | 0,016 | 0,016 | 0,17 | 0,018 | 0,017 | 0,021 | |
| Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, мг/дм ³ | | | | | | | | |
| Взвешенные вещества | 7,1 | 7,0 | 8,0 | 8,3 | 8,1 | 7,9 | 7,8 | 9,85 |
| Сухой остаток | 430 | – | 510 | – | 830 | – | 990 | 1000 |
| БПК ₅ | 4,7 | 4,3 | 4,9 | 4,35 | 4,63 | 4,1 | 3,9 | 2,3 |
| ХПК | – | – | – | 12,0 | – | 11,5 | – | 15,0 |
| Азот аммонийный | 0,36 | – | 0,41 | – | 0,32 | – | 0,40 | 0,39 |
| Азот нитритный | 0,06 | – | – | 0,07 | – | – | – | 0,08 |
| Азот нитратный | – | 9,8 | – | – | – | 8,1 | – | 9,0 |
| Фосфаты | – | – | – | 0,85 | – | – | – | 0,89 |
| Фосфор общий | – | – | 0,2 | – | – | – | 0,17 | 0,2 |
| Хлориды | 345 | – | – | – | 250 | – | – | 300 |
| Сульфаты | – | 91,0 | – | – | – | 97,0 | – | 100 |
| Нефтепродукты | – | – | – | 0,05 | – | – | – | 0,05 |
| СПАВ | – | – | – | – | 0,35 | – | – | 0,5 |
| Железо | 0,35 | – | 1 | – | – | 0,15 | – | 0,1 |
| Медь | – | 0,01 | – | – | – | – | 0,012 | 0,001 |
| Цинк | – | – | – | – | 0,012 | – | – | 0,01 |
| Свинец | – | – | 0,06 | – | – | – | – | 0,1 |
| Хром | – | – | – | – | – | 0,11 | – | 0,1 |

Таблица 2.8

Исходные гидрологические данные

| Номер варианта | Расход воды в русле реки, м ³ /с | Средняя глубина H , м | $V_{ср}$, м/с | Коэффициент извилистости |
|----------------|---|-------------------------|----------------|--------------------------|
| 1 | 1,05 | 0,85 | 0,45 | 1,06 |
| 2 | 1,10 | 1,15 | 0,42 | 1,07 |
| 3 | 1,12 | 0,96 | 0,30 | 1,10 |
| 4 | 1,3 | 1,20 | 0,41 | 1,12 |
| 5 | 1,45 | 1,10 | 0,52 | 1,05 |
| 6 | 1,35 | 1,25 | 0,37 | 1,08 |
| 7 | 0,95 | 0,97 | 0,41 | 1,07 |

Данные для расчета ИЗВ

| Наименование показателей, мг/дм ³ | Варианты | | | | | | | ПДК, мг/дм ³ |
|--|----------|------|-------|------|-------|------|-------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1. Растворенный кислород | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 6,0 |
| 2. БПК (биохимическое потребление кислорода) | 1,8 | 1,7 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 3,0 |
| 3. Азот аммонийный | 0,11 | 0,12 | – | 0,10 | 0,13 | – | 0,12 | 0,39 |
| 4. Азот нитратный | 0,01 | – | 0,03 | 0,02 | – | 0,03 | 0,01 | 0,08 |
| 5. Фосфор фосфатный | 0,2 | 0,3 | – | 0,4 | – | 0,25 | – | 0,89 |
| 6. Нефтепродукты | – | 0,01 | 0,012 | – | 0,013 | – | 0,013 | 0,05 |

Контрольные вопросы

1. Что такое водные ресурсы? К какой категории природных ресурсов они относятся?
2. В чем суть понятий «водопользование» и «водопотребление»? Назовите их отличительные особенности.
3. В бассейнах каких рек формируется основной объем местного речного стока?
4. Какие компоненты включают в себя водные ресурсы?
5. Какими параметрами определяется характеристика водных ресурсов?
6. Что является основной водохозяйственной характеристикой? Назовите ее показатели для Республики Беларусь по сравнению со среднемировой.
7. Перечислите основные источники загрязнения поверхностных вод?
8. Как классифицируются поверхностные воды по степени загрязнения?
9. Какие основные источники загрязнения подземных вод?
10. Какие основные методы очистки сточных вод вы знаете? Назовите их основные характеристики и цели.
11. Какие основные методы очистки питьевой воды вы знаете? В чем их сущность, достоинства и недостатки?
12. Назовите основные показатели, контролируемые при сбросе сточных вод в водоемы.

Литература

1. Бражников, М. М. Оценка загрязненности водных ресурсов : метод. пособие / М. М. Бражников, И. И. Кирвель, А. С. Калинович. – Минск : БГУИР, 2009. – 23 с.
2. Бражников, М. М. Водные ресурсы и их использование : метод. пособие / М. М. Бражников, А. С. Калинович, П. И. Кирвель. – Минск : БГУИР, 2011 – 26 с.
3. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество (за 2014 год). – Минск : ЦНИИКИВР, 2015.

4. Инструкция по нормированию сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты : постановление Минприроды РБ №2. – Минск, 2006.

5. Пятое национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010.

6. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2014 год. – Минск, 2015.

7. Яковлев, М. Г. Водные ресурсы Республики Беларусь (распространение, формирование, проблемы использования и охрана) / М. Г. Яковлев, О. В. Шершнева, И. И. Кирвель. – Минск : БГПУ, 2005.

Библиотека БГУИР

Практическая работа №3

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ: ИХ ОЦЕНКА, СОСТОЯНИЕ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Структура и почвы земельного фонда

Земельные ресурсы и их важнейший компонент – почвы – являются основным природным и национальным богатством Беларуси, от эффективности использования и охраны которого во многом зависит социально-экономическая и экологическая ситуация в стране. Специфическая черта земли заключается в ее многофункциональности. Земля является всеобщим материальным условием производства, служит пространством для размещения отраслей хозяйственного комплекса, поселений, инфраструктуры, ведения сельского и лесного хозяйства, выступает составной и неотъемлемой частью природных систем. Слагающие ее почвы обладают уникальным свойством *плодородия* – способностью производить биомассу. Сохранение почвы и ее рациональное использование является одним из приоритетных направлений природоохранной политики.

На территории Республики Беларусь имеются разнообразные типы почв: *дерново-подзолистые, дерново-подзолисто-заболоченные, дерновые и дерново-карбонатные, дерновые и дерново-карбонатные заболоченные, торфяно-болотные пойменные (аллювиальные)*.

Изменение структуры земельного фонда по данным Бел НИЦ «Экология» представлено в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Изменение структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за 2015 г.

| Вид земель | Площадь, тыс. га | | |
|--|------------------|------------------|------------------|
| | на 01.01.2015 г. | на 01.01.2016 г. | +,- |
| Сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные | 8632,3 5662,1 | 8581,9 5677,4 | - 50,4 + 15,3 |
| Лесные земли | 8652,6 | 8742,1 | + 89,5 |
| Земли под болотами | 846,7 | 823,5 | - 23,2 |
| Земли под дорогами, транспортными путями | 387,5 | 383,2 | - 4,3 |
| Земли под улицами, местами общего пользования | 150,3 | 148,0 | - 2,3 |
| Земли под застройками | 350,6 | 357,5 | + 6,9 |
| Нарушенные земли | 5,5 | 4,9 | - 0,6 |
| Неиспользованные и другие земли | 411,2 | 397,6 | - 13,6 |

Анализ динамики земельного фонда выявил основные тенденции изменения площади земель по видам их использования.

1. Убыло из состава сельскохозяйственных земель 118,2 тыс. га, в том числе в результате перевода сельскохозяйственных земель в менее интенсивно используемые сельскохозяйственные земли – 55,6 тыс. га (пахотных земель – 16,3 тыс. га, луговых земель – 34,2 тыс. га, земель под постоянными культурами – 5,1 тыс. га), перевода сельскохозяйственных земель в несельскохозяйственные – 40,5 тыс. га, изъятия для несельскохозяйственных нужд – 5,2 тыс. га, внутрихозяйственного строительства – 0,2 тыс. га, создания защитных лесонасаждений – 0,8 тыс. га, а также в результате обновления планово-картографического материала – 15,9 тыс. га.

2. Площадь пахотных земель по республике увеличилась на 15,3 тыс. га. В состав пахотных земель вовлечено 44,8 тыс. га земель в результате оборота новых земель – 2,7 тыс. га, перевода в пахотные земли 33,7 тыс. га луговых земель и 5 тыс. га земель под постоянными культурами, за счет уточнения – 3,7 тыс. га.

Одной из актуальных экологических проблем Беларуси является охрана и устойчивое неистощимое использование земель. *Деградация* (от лат. *degradatio* – снижение, движение назад, ухудшение качества) земель в различных ее формах обусловлена как природными факторами, так и деятельностью человека, несоблюдением норм и правил рационального использования и охраны. Применительно к природно-территориальным условиям и особенностям хозяйственного использования деградация земель/почв включает ухудшение их компонентов, свойств, функционирования, природных ресурсов, биологической продуктивности и разнообразия, эстетических качеств и др. Проявляется в следующих основных формах:

- водная, ветровая эрозия почв;
- химическое, в том числе радионуклидное загрязнение земель/почв;
- ухудшение свойств почв, особенно торфяных, при сельскохозяйственном их использовании;
- деградация земель в результате добычи полезных ископаемых, дорожного и других видов строительства, а также их затопления и подтопления;
- деградация торфяных почв на осушенных болотных массивах в результате торфяных пожаров;
- деградация земель лесного фонда в результате нерационального лесопользования и лесных пожаров;
- деградация земель при чрезмерных рекреационных, технических и других антропогенных нагрузках на земли/почвы.

Водная и ветровая эрозия

Эрозия почвы (от лат. *erosio* – разъедание) – разрушение почвы водой и ветром, перемещение продуктов разрушения и их переотложение.

Эрозия почв является одним из факторов, который приводит к разрушению и деградации земель. Эрозионные процессы проявляются на всей территории Беларуси, но имеются региональные особенности. Водная эрозия наиболее развита на севере и в центре страны – в Поозерье и в пределах возвышенностей центральной Беларуси, где преобладают расчлененный холмистый рельеф и почвы тяжелого гранулометрического состава. Она проявляется на склонах в виде плоскостного смыва верхней части почвенного профиля или линейного размыва в глубину. В целом по Беларуси в 18 районах эродированные почвы занимают более 10 % сельскохозяйственных земель.

Ветровая эрозия (*дефляция*) чаще встречается на юге и юго-западе, где большие площади занимают легкие по гранулометрическому составу и осушенные торфяно-болотные почвы. Более 60 % пыльных бурь, фиксируемых в Беларуси, приходится на территорию Полесья. Значительные площади земель, подверженных ветровой эрозии, имеются также в Гродненской области (21,3 тыс. га). Кроме того, 3458,9 тыс. га земель (или 38 % сельскохозяйственных) относятся к дефляционно опасным, которые при неправильном использовании могут быть подвержены ветровой эрозии.

Из общей площади земель Республики Беларусь, подверженных эрозионным процессам, на долю водной эрозии приходится 84 %, ветровой – 16 %.

Эрозионные процессы наиболее выражены на землях сельскохозяйственного использования, что обусловлено постоянной трансформацией верхнего горизонта почв в результате их распашки. Интенсивность проявления водно-эрозионных процессов на сельскохозяйственных угодьях зависит от периода года, характера снеготаяния, количества и интенсивности выпадения осадков, рельефа местности. Наиболее активно процессы водной эрозии почв протекают на склонах крутизной 3 и более, которые занимают свыше 30 % пашни страны. На скорость дефляции наибольшее влияние оказывают скорость ветра и гранулометрический состав почв. Разрушение почвенного покрова, ухудшение агрохимических, агротехнических, физических и биологических свойств почв наносит существенный экономический и экологический ущерб.

При современном характере использования эрозионно опасных и эродированных земель со смываемой и выдуваемой почвой с одного гектара ежегодно выносятся в среднем до 10 – 15 т твердой фазы почвы, 150 – 180 кг гумусовых веществ, 10 кг азота, 4 – 5 кг фосфора и калия, 5 – 6 кг кальция и магния. Потери питательных элементов и гумуса, ухудшение агрофизических и агрохимических свойств приводит к снижению плодородия эродированных почв. При этом наблюдается значительное снижение урожаев возделываемых культур – от 5 до 60 %. Продукты эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околоводных экосистем.

В целях борьбы с эрозией необходимо осуществлять систему организационно-хозяйственных, технологических, агротехнических, лесо- и гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий, выполнение которых будет способствовать сохранению эрозионно опасных и восстановлению эродированных земель.

Трансформация земель при добыче и переработке полезных ископаемых

Существенным фактором трансформации почв на территории Республики Беларусь является разработка месторождений полезных ископаемых, в результате которой происходит снятие верхнего плодородного слоя, уничтожение растительности, изменение условий землепользования. Степень негативного влияния во многом зависит от способа разработки месторождения, качественных характеристик добываемого сырья, объемов добычи полезных ископаемых.

Примером техногенного преобразования земной поверхности является Солигорский район, где шахтным способом ведется добыча калийных солей. В пределах просадок, достигающих нередко 3,5 – 4 м, происходит деградация почв, развиваются процессы заболачивания и подтопления.

Широко распространенными и эксплуатируемыми видами полезных ископаемых на территории Республики Беларусь являются также торф и нерудные материалы, глины, сырье для производства цемента, керамзита, пески и песчано-гравийные смеси, карбонатные материалы, строительный камень. С целью снижения негативных последствий добычи полезных ископаемых на земли и восстановления их природного и хозяйственного потенциала осуществляется комплекс мероприятий по их рекультивации. К наиболее распространенным направлениям рекультивации относится создание лесных насаждений эксплуатационного или целевого назначения. Для карьерных выработок наиболее перспективным является их обводнение для водохозяйственных и рекреационных целей, в отдельных случаях они могут также использоваться под полигоны нетоксичных отходов. Нарушенные земли в пределах городских и пригородных территорий целесообразно использовать для строительных целей.

Институтом геохимии и геофизики НАН Беларуси определены средние величины техногенных нагрузок на земли/почвы путем установления количества перемещенных почвогрунтов на единицу площади. Они изменяются в пределах от 300 м³/км² до десятков тысяч м³/км² и свидетельствуют о достаточно высокой степени проявления этого процесса на территории республики.

Техногенное преобразование земель/почв не только непосредственно воздействует на земную поверхность, активизирует многие процессы, которые могут привести к деградации земель (развитие осыпей, размывов, оползней, оврагов, разрушение берегов водных объектов, проявление дефляции почв).

Имеющиеся в настоящее время материалы мониторинга почв, а также результаты эколого-геохимических исследований свидетельствуют о том, что загрязнение почв имеет место преимущественно в городах и зонах их влияния, вдоль автомобильных дорог, в зонах влияния полигонов коммунальных и промышленных отходов, на сельскохозяйственных угодьях.

Площадь территорий с опасным уровнем загрязнения почв в городах оценивается в 78 тыс. га, в зонах влияния автодорог – в 119 тыс. га, в зонах влияния полигонов отходов - в 2,5 тыс. га. Основными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы, нефтепродукты, нитраты, сульфаты, хлориды.

Трансформация осушенных торфяных почв

Территория Республики Беларусь характеризуется широким распространением болот и заболоченных земель. Торфяные почвы различных типов и с разной мощностью торфа до начала их интенсивного хозяйственного использования занимали свыше 14,0 % от общей площади республики. Наибольшее количество торфяных почв (свыше 66,5 %) расположено в регионе Белорусского Полесья. В Беларуси преобладают торфяные болота низинного типа, на которые приходится около 82 % общей площади торфяного фонда республики. Многолетние исследования Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси показали, что в природе торфяные комплексы выполняют разнообразные экологорегулирующие функции: ландшафтную, аккумулятивную, биологическую, газорегулирующую, геохимическую, гидрологическую и климатическую. Наибольшей трансформации подвержены торфяные болота в результате гидротехнической мелиорации и добычи торфа в качестве топлива и органического удобрения.

В 1960 – 1980-х гг. на территории Беларуси, преимущественно в Полесье, проводилась широкомасштабная *осушительная* мелиорация. *Мелиорация* (от лат. *melioratio* – улучшение) – отрасль народного хозяйства, занимающаяся коренным улучшением земель, грунтов, ландшафтов и неблагоприятных природных условий (климатических, гидрологических и т. п.) для различных хозяйственных, природоохранных и других целей. Мелиоративное освоение болот и заболоченных территорий имело целью изменить протекание природных процессов формирования болот и избыточно увлажненных почв на культурное почвообразование. Это позволяло повысить продуктивность земель, их устойчивость к экстремальным погодным явлениям, увеличить возможности использования данных территорий для сельскохозяйственного производства. Однако кроме позитивного результата мелиоративное освоение свыше 1000 тыс. га торфяных почв (1/3 всех мелиорированных земель) привело к возникновению ряда экологических проблем.

К основным проблемам можно отнести:

- минерализацию торфяного слоя;
- ускоренную деградацию почв;
- увеличение числа засух и заморозков;
- нарушение водного режима мелиорированных территорий;
- трансформацию режима и химического состава поверхностных и подземных вод.

Процессы деградации торфяных почв при осушении и последующем их сельскохозяйственном использовании определяются довольно быстрым разложением и сработкой органического вещества торфяных почв. За 30 лет использования мелиорированных земель мощность торфяной залежи уменьшилась на 50 – 60 см, а интенсивность сработки торфа на осушенных торфяных почвах в

Беларуси колеблется в пределах 0,5 – 12 см/год. Интенсивное сельскохозяйственное использование осушенных торфяных почв приводит к формированию антропогеннопреобразованных почвенных разновидностей, которые представляют собой новые низкоплодородные почвы, по основным параметрам приближающиеся к минеральным. При условии сохранения существующих агротехнологий, площади таких почв будут постоянно возрастать. По прогнозным оценкам сейчас они составляют около 250 тыс. га.

Сохранение и использование мелиорированных земель имеет не только экологическую, но и большую социально-экономическую значимость, так как из общей площади всех осушенных земель на долю сельскохозяйственных угодий приходится 2913,1 тыс. га (85 %), лесных и других лесопокрытых земель – 370,0 тыс. га (11 %), на остальные земли – около 4 %. Наибольшие площади осушенных земель приурочены к Брестской и Минской областям, минимальные – к Могилевской и Гродненской (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Распределение осушенных земель по административным областям Республики Беларусь

| Область | Площадь осушенных земель | |
|-------------------|--------------------------|-------|
| | тыс. га | %* |
| Брестская | 753,8 | 22,0 |
| Витебская | 625,3 | 18,3 |
| Гомельская | 675,9 | 19,7 |
| Гродненская | 319,7 | 9,3 |
| Минская | 717,9 | 21,0 |
| Могилевская | 331,1 | 9,7 |
| Всего по Беларуси | 3423,7 | 100,0 |

* % от общей площади осушенных земель.

В последние годы мелиоративное освоение новых земель практически не ведется. В настоящее время в земельном фонде Республики Беларусь насчитывается 3416,0 тыс. га (16,5 % территории страны) осушенных земель. Данные инвентаризации мелиоративных систем показали, что в республике нуждаются в реконструкции 760,8 тыс. га земель, а на 184,0 тыс. га осушенных земель требуется проведение агро мелиоративных мероприятий.

Сохранение продуктивности сельскохозяйственных земель

В структуре сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на долю пахотных дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почв приходится 87,5 % сельхозугодий. Эти почвы обладают низким потенциальным плодородием. Повышенная кислотность создает неблагоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур. Получение высоких и стабильных урожаев в стране возможно только при условии внесения достаточных доз минеральных и органических удобрений, обеспечивающих положительный баланс основных элементов питания. Потребность в минеральных удобрениях определяется исходя из дозы, необходимой для

получения планируемой урожайности, и дополнительного количества для повышения содержания элементов питания в почвах.

В результате реализации данного подхода в Беларуси удалось существенно повысить плодородие пахотных почв – нейтрализовать почвенную кислотность, повысить содержание подвижных форм фосфора и калия, улучшить гумусовое состояние почв.

Таблица 3.3

Агрохимические показатели пахотного слоя почв Республики Беларусь

| Область | Показатели | | | |
|---------------------|------------|---|------------------------------|------|
| | Гумус, % | P ₂ O ₅ мг/кг почвы | K ₂ O мг/кг почвы | pH* |
| Брестская | 2,45 | 156 | 180 | 5,79 |
| Витебская | 2,47 | 171 | 170 | 6,11 |
| Гомельская | 2,26 | 226 | 206 | 5,87 |
| Гродненская | 1,97 | 165 | 175 | 5,86 |
| Минская | 2,35 | 175 | 217 | 5,81 |
| Могилевская | 1,93 | 191 | 199 | 6,02 |
| Республика Беларусь | 2,24 | 179 | 193 | 5,90 |

*Оптимальное значение pH в целом по стране равно 6,0 – 6,2.

Для улучшения качества земель и увеличения их продукционной способности наряду с минеральными удобрениями применяются *органические*. Для определения потребности в органических удобрениях с учетом соотношения площадей разработаны нормативы, позволяющие установить потребность в органических удобрениях для каждого хозяйства.

Важнейшим агрохимическим приемом повышения эффективного и потенциального плодородия почв является *известкование* кислых почв. Известкование позволяет снизить подвижность тяжелых металлов, активизирует деятельность полезных микроорганизмов, улучшает режимы азотного и фосфатного питания растений. Известкование почв способствовало сокращению площадей с кислыми почвами, что позволило в конце 1990-х гг. перейти к концепции поддерживающего известкования, основная цель которой – сохранение определенного уровня кислотности почв сельскохозяйственных земель. План известкования кислых почв периодически корректируется с целью уточнения объемов химической мелиорации на основании данных агрохимического обследования и изменения экспликации сельскохозяйственных земель страны.

Химическое загрязнение земель

Химическое загрязнение земель является одним из видов их деградации. В настоящее время в Беларуси площадь земель, загрязненных химическими веществами, составляет около 0,21 млн га, или 1,0 % территории страны. Эти земли приурочены к крупным городам и промышленным центрам с большим

количеством предприятий и транспортных средств, сельскохозяйственным угодьям, где используются средства химизации и защиты растений, участкам складирования коммунальных и промышленных отходов, а также территориям, попавшим в зону воздействия техногенных аварий. Среди тяжелых металлов основными загрязняющими веществами почв в городах являются кадмий, цинк и свинец. Приоритетными загрязняющими веществами на предприятиях топливно-энергетического, химического и нефтехимического комплексов (за исключением объектов, производящих минеральные удобрения) являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), нефтепродукты, полихлорированные бифенилы (ПХБ). На промплощадках предприятий, специализирующихся на выпуске строительных материалов, почвы загрязнены мышьяком: его концентрация в 85 – 100 % проб выше ПДК, при этом его среднее содержание в почвах отдельных промплощадок в 4 – 20 раз выше норматива. Максимальные значения превышают ПДК в 100 и более раз.

Наиболее опасным видом химического загрязнения почв Беларуси является их радионуклидное загрязнение, вызванное аварией на Чернобыльской АЭС. Масштабы распространения радионуклидного загрязнения почв на территории Республики Беларусь не имеют аналогов в мире. В настоящее время его зона охватывает 23 % территории страны, в том числе 1,3 млн га сельскохозяйственных и 1,6 млн га лесных земель. На нераспаханных землях радионуклиды сконцентрированы преимущественно в верхнем (5 – 10 см) слое почв, а на пахотных и пойменных землях проникли на глубину 20 см и больше. В настоящее время отмечается горизонтальная миграция радионуклидов, что вызывает вторичное загрязнение почв и формирование выраженных геохимических аномалий. Горизонтальная миграция происходит с ветром, при пожарах, поверхностным стоком, паводковыми и дождевыми потоками. Определенную роль в горизонтальном перемещении радионуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Данные земли требуют постоянных наблюдений и контроля за их состоянием. Такие наблюдения систематически проводятся в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС).

Мониторинг земель определяется как система постоянных наблюдений за состоянием и изменением земель под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам. Объективная информация, полученная в результате мониторинговых исследований, позволяет своевременно выявить, оценить и сделать прогноз изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определить степень эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных воздействий.

Земля является незаменимым природным ресурсом, от разумного использования которого зависит устойчивое социально-экономическое развитие страны и состояние окружающей среды. Поэтому в Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране

окружающей среды включены следующие приоритетные направления деятельности в области охраны и использования земель и почв:

- создание системы стимулирующих экономических механизмов по эффективному использованию и охране земель;
- обеспечение комплексного подхода к планированию, использованию и охране земель, предусматривающего поддержание экологических функций почв в ландшафтах и реализацию мер по борьбе с деградацией и загрязнением;
- продолжение мероприятий по оптимизации землепользования с целью формирования устойчивых природно-территориальных комплексов;
- получение достоверной объективной информации о состоянии земель/почв республики на основе широкого использования дистанционных методов, эколого-геохимического картографирования, мониторинга, развития методической и аналитической базы для принятия своевременных и оперативных управленческих решений;
- разработка и реализация приоритетных мероприятий Национальной программы действий по борьбе с деградацией земель с целью повышения координации действующих программ и объединения усилий заинтересованных сторон в обеспечении устойчивого использования и охраны земель/почв;
- получение информации о загрязнении почв в населенных пунктах, эколого-геохимическое картирование состояния городских почв, выявление типовых загрязнителей для основных видов (типов) предприятий республики.

Учет и стоимостная оценка земель

В связи с реформированием земельных отношений в стране приведена *поучастковая кадастровая оценка* земель. Она учитывает как технологические характеристики участков, так и местоположение участков по отношению к внутрихозяйственным производственным центрам, плодородие почвы.

Земельный налог на землю подразделяется на две группы:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли несельскохозяйственного назначения.

Кроме земельного налога используются еще две формы платы за землю: арендная плата и нормативная цена земли.

Арендная плата взимается за земли, сданные в аренду, ее величина устанавливается по договору.

Нормативная цена рассчитывается с учетом природно-климатических условий видов земель, местоположения и т. п. Для определения цены конкретного земельного участка территория Республики Беларусь подразделена на три природно-климатические зоны: северную, центральную и южную; каждая из них делится на два округа: западный и восточный. Кроме того, выделено 17 типов почв, которые отражают природное состояние земель и общее направление их использования.

При оценке земельного участка учитывается его местоположение по отношению к населенным пунктам; коэффициенты дифференцированы по расстоянию (до 10 км, 11 – 20 км, 21 – 30 км); административному и социально-

экономическому статусу (г. Минск, областные центры, города с населением свыше 50 тыс. человек, районные центры).

Льготная цена устанавливается в размере пятикратной ставки земельного налога, уплачиваемого за этот участок на момент приобретения его в собственность.

Земельный налог, уплачиваемый землевладельцами, определяется как сумма затрат на работы по землеустройству, охране и улучшению земель и величины дифференциальной ренты (дополнительного чистого дохода, получаемого за счет качества земли):

$$ЗН = З_1 + К, \quad (3.1)$$

где ЗН – земельный налог, усл. ед.;

Z_1 – затраты по землеустройству;

K – величина дифференциальной ренты.

Величина удельных затрат на мероприятия по землеустройству для всех групп земель приведена в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Капитальные вложения на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

| Вид охраны | Всего | В том числе за счет средств | | | |
|---|---------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | республиканского бюджета | местных бюджетов | целевых внебюджетных фондов | предприятий, организаций |
| Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов | 568 137 | 31 097 | 195 320 | 126 058 | 215 664 |
| В том числе: Охрана и рациональное использование водных ресурсов | 383 450 | 29 036 | 185 908 | 84 197 | 84 309 |
| Охрана атмосферного воздуха | 111 008 | 2017 | 5673 | 38 395 | 64 923 |
| Охрана и рациональное использование земли | 67 524 | 44 | 660 | 388 | 66432 |
| Предприятия и полигоны по утилизации и захоронению отходов | 6156 | – | 3079 | 3077 | – |

Чистый доход, полученный за счет качества земель R , рассчитывается как произведение затрат на худшие земли на разность окупаемости затрат и усредненного норматива рентабельности для выращиваемых на данных землях культур. На рассматриваемых землях выращиваются зерновые, картофель и кормовые культуры, усредненный норматив рентабельности для них принят в размере 1,5.

Следовательно,

$$R = Z_{п.х}(K_0 - K_p), \quad (3.2)$$

где $Z_{п.х}$ – затраты на производство продукции на худших землях;

K_0 – коэффициент окупаемости затрат;

K_p – коэффициент нормативной рентабельности, равный 1,5.

Коэффициент окупаемости (K_0) рассчитывается как отношение валовой продукции с 1 га (ВП) к величине затрат на ее производство ($Z_{п.х}$):

$$K_0 = ВП/Z_{п.х}. \quad (3.3)$$

Таблица 3.5

Данные для расчета ставок платежей за пахотные земли (земельного налога) Республики Беларусь по группам кадастровой оценки земель

| Номер варианта | Группы кадастровой оценки земель по продуктивности, балл | Валовая продукция в ценах реализации, V_p , усл. ед./га | Затраты на | |
|----------------|--|---|---|--|
| | | | производство продукции, Z_p , усл. ед./га | Мероприятия по землеустройству, охране и улучшению земель, Z_1 , усл. ед./га |
| | До 25 | 340 | 270 | 20 |
| 1 | 25 | 359 | 281 | 20 |
| 2 | 26 – 30 | 420 | 301 | 17 |
| 3 | 31 – 35 | 482 | 320 | 15 |
| 4 | 36 – 40 | 540 | 329 | 12 |
| 5 | 41 – 45 | 607 | 346 | 11 |
| 6 | 46 – 50 | 678 | 360 | 10 |
| 7 | 51 – 55 | 733 | 373 | 10 |
| 8 | Свыше 55 | 814 | 399 | 10 |

Система финансово-экономического стимулирования природоохранной деятельности предприятий предполагает применение прямого налогового контроля за состоянием окружающей среды, а также использование льготных кредитов на проведение природоохранных мероприятий.

Задания для самостоятельной работы

Задача 1. По данным табл. 3.4 рассчитать и проанализировать структуру капитальных вложений на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов по источникам финансирования.

Задача 2. По данным табл. 3.5 и методике НИИ земельных ресурсов рассчитать ставки платежей (земельного налога) за пахотные земли, используемые хозяйствами, в зависимости от их продуктивности.

Задача 3. Рассчитать максимально допустимый уровень пестицидов в растительных продуктах, используя данные по собственному весу (табл. 3.6, 3.7).

Таблица 3.6

Показатели коэффициента запаса и максимально недействующей дозы

| Вариант | Продукты | $K_{\text{запаса}}$ | МНД, мг/кг/сут |
|---------|--------------------|---------------------|----------------|
| 1 | Косточковые фрукты | 30 | 0,001 |
| 2 | Зелень | 35 | 0,01 |
| 3 | Томаты | 40 | 0,1 |
| 4 | Морковь | 45 | 1,0 |
| 5 | Картофель | 50 | 10 |
| 6 | Капуста | 55 | 20 |
| 7 | Фасоль | 60 | 30 |
| 8 | Огурцы | 65 | 40 |
| 9 | Виноград | 70 | 50 |
| 10 | Яблоки | 75 | 60 |
| 11 | Зерновые | 80 | 70 |
| 12 | Масличные | 85 | 80 |
| 13 | Орехи | 90 | 85 |
| 14 | Цитрусовые | 100 | 90 |

Таблица 3.7

Рекомендуемый среднесуточный набор продуктов растительного происхождения для взрослого населения

| Продукты | Среднее количество в граммах (нетто) | Продукты | Среднее количество в граммах (нетто) |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Хлеб пшеничный | 120 | Свекла | 28 |
| Хлеб ржаной | 235 | Лук репчатый | 19 |
| Мука пшеничная | 25 | Бахчевые | 23 |
| Крахмал картофельный | 5 | Перец сладкий | 5 |
| Макаронные изделия | 22 | Горошек зеленый | 3 |
| Рисовая крупа | 7 | Зелень | 20 |
| Манная крупа | 1 | Томат-паста | 4 |
| Пшеничная крупа | 6 | Виноград | 17 |
| Гречневая крупа | 10 | Цитрусовые | 5 |
| Овсяная крупа | 4 | Косточковые | 9 |
| Прочие | 2 | Ягоды | 14 |
| Бобовые | 4 | Яблоки, груши | 151 |
| Картофель | 324 | Прочие | 28 |
| Капуста | 68 | Шиповник | 9 |
| Томаты | 57 | Сухофрукты | 7 |
| Огурцы | 37 | Сок фруктовый | 200 |
| Морковь | 40 | Масло растительное | 24 |

Методика расчета МДУ пестицидов в растительных продуктах

МДУ веществ, загрязняющих почву (тяжелые металлы, компоненты нефтепродуктов и др.), рассчитывается по формуле

$$\text{МДУ} = \text{ДСД} \cdot 0,8 \cdot V_{\text{ч}} / \text{СПП}, \quad (3.4)$$

где МДУ – максимально допустимый уровень накопления веществ в растительных продуктах (ПДК), мг/кг;

ДСД – допустимая суточная доза, мг/кг массы человека;

0,8 – доля ЭХВ (экзогенно-химических веществ), поступающая в организм человека с пищевым рационом;

$V_{ч}$ – масса взрослого человека, кг;

СПП – рекомендуемое суммарное потребление пищевых продуктов растительного происхождения в сутки для взрослого населения.

$$ДСД = МНД / K_{запаса} \quad (3.5)$$

Здесь МНД – максимально недействующая доза (подпороговая доза, установленная в токсикологическом эксперименте).

Контрольные вопросы

1. Значение земельных ресурсов.
2. Земельные ресурсы Республики Беларусь.
3. Характеристика основных типов почв Республики Беларусь.
4. Основные категории сельскохозяйственных угодий.
5. Причины сокращения площади сельскохозяйственных земель.
6. Структура земельного фонда Республики Беларусь.
7. Основные тенденции изменения площади земель по видам их использования.
8. Эрозия почвы. Ее виды, причины возникновения и последствия.
9. Развитие водной и ветровой эрозии на почвах Беларуси. Географическое размещение и причины возникновения.
10. Земельный кадастр и экономическая оценка земельных ресурсов.
11. Чрезмерная химизация в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Богдевич, И. М. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь / И. М. Богдевич. – Минск : Минсктиппроект, 2002.
2. Богдевич, И. М. Концентрация повышения плодородия почв Республики Беларусь / И. М. Богдевич, Н. И. Смян, В. В. Лапа. – Минск : Минсктиппроект, 2002.
3. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агро системах / С. Е. Головатый. – Минск : Минсктиппроект, 2002.
4. Глухов, В. В. Экономические основы экологии / В. В. Глухов, Т. П. Некрасова. – СПб. : Питер, 2003.
5. Зайко, С. М. Настоящее и будущее осушенных болот Беларуси / С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, С. С. Бачила. – Минск : БЕЛНИЦ «Экология», 2005.

6. Касьяненко, И. И. Актуальные научно-технические разработки белорусских ученых по проблемам природопользования и охраны окружающей среды. Обзорная информация / И. И. Касьяненко, И. С. Бракович, Г. А. Жалейко. – Минск : БЕЛНИЦ «Экология», 2002.

7. Соколов, С. М. Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / С. М. Соколов, В. Г. Цыганкова.–Минск : Технопринт, 2001.

8. Яцухно, В. М. Проблема деградации земель Беларуси / В. М. Яцухно, А. Ф. Черныш. – Минск : БЕЛНИЦ «Экология», 2003.

9. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / гл. ред. В. К. Месяц. – М. : Сов. энциклопедия, 1989.

Библиотека БГУИР

Практическая работа №4

ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ: ОЦЕНКА, СОСТОЯНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Виды лесных пожаров, причины их возникновения и поражающие факторы

Лес – совокупность естественной и искусственно созданной древесно-кустарниковой растительности (насаждений), почвенного покрова, животных и микроорганизмов, образующая лесной биоценоз и используемая в хозяйственных, рекреационных, оздоровительных, санитарно-гигиенических, научно-исследовательских и других целях. Регулирование лесных отношений осуществляется с учетом представлений о лесе как о совокупности компонентов окружающей среды, имеющей важное экологическое, экономическое и социальное значение.

В Республике Беларусь леса являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств. Леса и лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития страны, обеспечения ее экономической, энергетической, экологической и продовольственной безопасности.

Леса Беларуси отличаются высокой пожароопасностью, которая обусловлена преобладанием хвойных насаждений – почти 60 % лесного фонда, а в их составе 21 % крайне пожароопасные хвойные молодняки.

Лесной пожар – стихийное, неуправляемое распространение огня по лесной территории. Лесные пожары считаются во всем мире одними из крупнейших по охвату территорий стихийными бедствиями. Следствием пожаров является снижение качественного и породного состава лесного фонда, экологических функций лесов, трансформация территорий, покрытых лесом, а также частичная или полная гибель насаждений.

Различают три вида лесных пожаров:

- верховой;
- торфяной (подпочвенный);
- низовой.

Верховой и торфяной пожары составляют до 30 % от общего количества лесных пожаров. Самым массовым (до 70 %) является низовой пожар.

Низовой пожар – лесной пожар, распространяющийся по нижним ярусам лесной растительности, лесной подстилке, опаду. Скорость распространения низового пожара незначительна и составляет порядка 4,0 м/мин. Высота огня достигает 0,5 – 1,5 м.

При увеличении ветра (свыше 5 м/с) лесной пожар переходит в верховой, при котором происходит сгорание и обрушение деревьев.

Верховой пожар – пожар, при котором происходит быстрое распространение огня по кронам деревьев по направлению ветра. При этом скорость распространения пожара резко возрастает.

Подземный лесной (торфяной) пожар – пожар, при котором горение распространяется по торфянистому горизонту почвы или торфяной залежи под слоем лесной почвы.

Основной причиной возникновения лесного пожара является неосторожное обращение с огнем отдыхающих или работающих людей. Поэтому, как правило, возгорание происходит в районах проживания. Природные пожары не превышают 2 %.

Основными поражающими факторами лесных пожаров являются: повышенная температура воздуха, пламя, искры. Нагретый воздух при вдыхании приводит к поражению дыхательных путей, удушью и смерти. Получение ожогов второй степени (до 30 % поверхности тела) приводит в большинстве случаев к летальному исходу и происходит при температуре окружающей среды от 70 °С и выше.

При пожаре выделяются токсичные продукты горения. При этом основной причиной гибели людей является отравление угарным газом (СО), который в 200 – 300 раз активнее кислорода реагирует с гемоглобином крови, вызывая резкое снижение кислорода в организме человека. Снижение содержания кислорода в окружающей среде до 14 % приводит к потере координации движения, ухудшению двигательной и умственной функций организма. В результате задымления наблюдается резкое снижение видимости, что приводит к дезориентации людей.

Большой опасностью для людей является падение деревьев, стволов, что может происходить как при пожаре, так и после него на месте пожарища. При любом пожаре первоочередной мерой безопасности является **эвакуация** людей. Дальнейшие действия должны быть направлены на локализацию и тушение пожара, а также возможных повторных самовозгораний.

Работники, привлекаемые к тушению лесного пожара, должны обеспечиваться **средствами индивидуальной защиты (СИЗ)**, включающими каску, подшлемник, рукавицы, фартук прорезиненный, сапоги кирзовые, очки защитные, противогаз со специальным противодымным патроном, респиратор, костюм лесного пожарного, огнеупорную накидку, костюм энцефалитный термоустойчивый, комплект пожарного индивидуальный.

Лесные пожары приходится тушить в труднодоступных местах, где спецтехника не может пройти. Поэтому такая работа является особо опасной.

Способы борьбы с низовыми лесными пожарами

1. Захлестывание кромки низовых пожаров. Этот способ эффективен при тушении кромки пожара на легких почвах с покровом из мхов и лишайников. Двое рабочих за 1 ч работы могут потушить до 600 м кромки низового пожара.

2. Тушение засыпкой кромки пожара грунтом. Этот способ наиболее предпочтителен, так как грунт имеется в неограниченном количестве. Грунт

выкапывают лопатами и засыпают им кромку пожара шириной до 40 см и толщиной до 4 см. Два человека за 1 ч работы локализуют до 100 – 120 м кромки пожара.

Рекомендуется использование ручного моторизованного грунтомета ГР-1, передвижение которого колеблется от 0,8 до 2,5 км/ч. Тракторный грунтомет ГТ-2 имеет производительность до 1 км/ч, ширина борозды до 100 см и глубина до 20 см.

3. Тушение водой. Вода – самый распространенный огнегасящий материал после грунта при наличии естественных водных резервуаров. Скорость подачи воды (л/с) на 1 погонный метр кромки низового пожара зависит от скорости ветра под пологом и влажности. При $V_B = 3,5$ м/с подача воды составляет от 0,86 до 0,23 л/с; при $V_B = 0,5$ м/с подача воды составляет от 0,11 до 0,03 л/с.

4. Тушение огнегасящими химическими веществами. На практике рекомендуются следующие группы химических веществ: неорганические соли (диаммоний фосфат, хлористый калий и магний); поверхностно-активные вещества (ПАВ); загустители (вязкие) и дымообразующие жидкости; галоидоуглеводородные эмульсии, огнетушащая жидкость ОС-5у. Для создания противопожарных заградительных полос и активного тушения кромки пожара используются пены (щелочные или кислотные, воздушно-механические); суспензии и твердые вещества (порошки), например генератор водно-аэрозольной смеси ГВС-1 и др. Химические вещества и воздушно-механические пены создают изолирующий слой между горючим материалом и воздухом.

5. Устройство заградительных полос и канав. Их назначение – служить преградой при распространении низовых или подземных пожаров, а также опорным рубежом при пуске встречного огня. Для устройства полос применяют тракторные плуги, бульдозеры, почвообрабатывающие орудия, конные плуги и т. п.

За 1 ч работы на тракторе прокладывается заградительная полоса до 600 м длиной и шириной 3 м. Обязательным условием безопасности является работа двух бульдозеров одновременно, так как оперативная обстановка при пожаре резко меняется.

6. Способ встречного низового огня. Заключается в выжигании напочвенных горючих материалов перед кромкой сильных низовых или верховых пожаров.

Встречный огонь пускают навстречу фронтальной кромки пожара, реже – против фланговой кромки и иногда против тыловой. При этом фронтальная и фланговая кромка низового пожара прекращает горение.

Зажигание напочвенного покрова при пуске встречного огня осуществляется с помощью зажигательных аппаратов после создания опорных заградительных полос. Встречный низовой огонь распространяется со скоростью до 6 м/мин. Ширина выжженной полосы для остановки фронта

низового пожара должна быть не менее 10 м, а для устойчивого верхового пожара – не менее 50 м и не менее 150 м (при беглом верховом). Тушение лесного пожара этим способом требует учета времени подхода кромки пожара, оперативных действий по организации отжига.

Машины и аппараты для тушения лесных пожаров

Ранцевые огнетушители – опрыскиватели, которые бывают ручного действия (РЛО, ОР-2, ОЛУ-16), пневматические (РООП, ОРХ), моторизованные. Ранцевые опрыскиватели маневренны и используются при тушении низовых пожаров.

Мотопомпы и насосы имеют различные конструкции, наполняемость и производительность (МЛ-100 до 100 л/мин, МЛ-600 до 520 л/мин, МЛВ до 3000 л/мин). Этот вид аппаратов позволяет создать пенную струю длиной до 15–20 м.

Пожарные автоцистерны, установленные на вездеходах, тракторах, обладают значительным запасом гасящей жидкости.

Авиация и вертолеты используются в условиях чрезвычайной пожарной обстановки. Применяют вертолеты Ми-8Т, Ми-8МТ, Ми-8МТВ и Ка-32, оснащенные водосливным устройством ВСУ-5 с объемом от 1,3 до 4,5 м³ воды.

Первоочередные действия при обнаружении лесного пожара

1. Определение **очага** возгорания, **направления** движения огня и времени вероятного подхода кромки огня к производственным объектам и жилым территориям.
2. Оповещение персонала и сообщение об очаге возгорания в лесничество или пожарную часть.
3. Определение безопасного направления эвакуации людей и техники.
4. Принятие решения по возможной локализации пожара.

В данной работе для решения этих задач используется метод математического прогнозирования лесного низового пожара.

Прогнозирование распространения низового лесного пожара

Прогнозирование зоны пожара заключается в определении параметров зоны: площади – S , м², периметра – P , м, направления распространения в произвольный момент времени после его обнаружения. Определение параметров пожара позволяет принять оптимальные оперативные управленческие решения по эвакуации людей и локализации пожара, выбрать тактику его тушения, уменьшить материальные потери, избежать человеческие жертвы и экологический ущерб.

Скорость огня, интенсивность и направленность горения леса зависят от:

– метеорологических условий (скорости ветра, влажности и температуры воздуха);

- горючести материала (состава, влажности, теплотворной способности);
- рельефа местности.

Эмпирическая зависимость скорости низового пожара (V_{Π}) от скорости ветра в лесном массиве (V_B) при постоянной влажности горючих материалов (ГМ) определенного типа лесного массива определяется уравнением

$$V_{\Pi} = V_0 + aV_B^2, \quad (4.1)$$

где V_0 , м/мин – скорость распространения огня при отсутствии ветра;

a – коэффициент пропорциональности $0,76 > a > 0,525$ при влажности ГМ 10–20 %, $0,545 > a > 0,342$ при влажности ГМ 20–30 %.

V_B , м/мин – скорость ветра в пологе леса (надпочвенная) в пределах от 0,5 до 4,0 м/мин.

Лесной пожар (ЛП) на практике распространяется во все стороны (рис. 4.1).

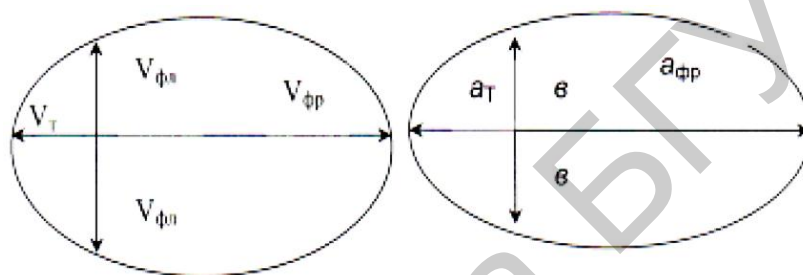


Рис. 4.1. Схема распространения лесного пожара

Здесь $v_{фГ}$, $v_{Г}$, $v_{фл}$ – скорости и направления распространения огня; $a_{Г}$, $a_{фр}$ и $в$ – полуоси эллипса.

Более полная зависимость скорости распространения пожара (фронтальная, тыловая и фланговая) от скорости ветра и характеристики ГМ имеет вид

$$v_{фр} = (v_0 + Kv_B) \cdot \left(1 + \frac{v_B}{\sqrt{v_B^2 + C^2}} \right)^2,$$

$$v_{Г} = (v_0 + Kv_B) \cdot \left(1 - \frac{v_B}{\sqrt{v_B^2 + C^2}} \right)^2, \quad (4.2)$$

$$v_{фл} = v_0 + Kv_B,$$

где $v_{фр}$ – фронтальная скорость ЛП по направлению ветра, м/мин

$v_{Г}$ – тыловая скорость ЛП, по направлению противоположная ветру, м/мин;

$v_{фл}$ – фланговая скорость, м/мин;

v_0 – скорость лесного пожара в безветрие ($v_0 = 0,4 - 0,6$ м/мин);

K и C – коэффициенты горючести материалов при различных условиях влажности.

Пример 1. Расчет скорости распространения низового пожара.

Исходные данные: $v_0 = 0,5$ м/мин; влажность горючих материалов менее 30 %; $K = 0,45$ и $C = 3,5$; $v_B = 2$ м/мин.

$$v_{\text{фр}} = (0,5 + 0,45 \cdot 2) \cdot \left(1 + \frac{2}{\sqrt{2^2 + 3,5^2}} \right)^2 = 3,15 \text{ м/мин},$$

$$v_{\text{Т}} = (0,5 + 0,45 \cdot 2) \cdot \left(1 - \frac{2}{\sqrt{2^2 + 3,5^2}} \right)^2 = 0,35 \text{ м/мин},$$

$$v_{\text{фл}} = 0,5 + 0,45 \cdot 2 = 1,4 \text{ м/мин}.$$

Форму зоны лесного пожара условно принимают в виде эллипса. Тогда для расчета *площади* пожара – S и *периметра* – P в произвольный момент времени используются следующие зависимости:

$$S = \pi \cdot a \cdot b,$$

$$P = \pi \cdot \left[\frac{3}{2}(a + b) - \sqrt{ab} \right], \quad (4.3)$$

где a и b – соответственно большая и малая полуоси эллипса (см. рис. 4.1):

$$a = \frac{a_{\delta} + a_0}{2}.$$

Значения a и b в любой момент времени рассчитываются по формуле

$$a = \frac{v_{\text{фр}} \cdot t + v_{\text{Т}} \cdot t}{2} = \frac{(v_{\text{фр}} + v_{\text{Т}}) \cdot t}{2},$$

$$b = v_{\text{фл}} \cdot t. \quad (4.4)$$

Значения $a_{\text{фр}}$, $a_{\text{Т}}$ и b определяют *расстояние* от очага возгорания до границы кромки пожара в любой момент *времени*.

Пример 2. Расчет зоны поражения от низового пожара через 0,5 ч от момента возгорания.

$$a_{\text{фр}} = v_{\text{фр}} \cdot t = 3,15 \cdot 30 = 9,45 \text{ м},$$

$$a_{\text{Т}} = v_{\text{Т}} \cdot t = 0,35 \cdot 30 = 10,5 \text{ м},$$

$$b = v_{\text{фл}} \cdot t = 1,4 \cdot 30 = 42 \text{ м},$$

$$a = \frac{9,45 + 10,5}{2} = 52,5 \text{ м},$$

$$S = \pi \cdot a \cdot b = 3,14 \cdot 52,5 \cdot 42 \approx 6924 \text{ м}^2,$$

$$P = 3,14 \cdot \left[\frac{3}{2} \cdot (52,5 + 42) - \sqrt{52,5 \cdot 42} \right] \approx 298 \text{ м.}$$

Направление эвакуации людей и техники определяется исходя из оперативной обстановки распространения пожара.

Пример 3. Оперативные данные лесного пожара (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Оперативные данные лесного пожара. Расчетные значения в различные моменты времени

| Оперативные показатели | Время распространения пожара | | |
|----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| | $t_1 = 30 \text{ мин}$ | $t_2 = 1 \text{ ч}$ | $t_3 = 2 \text{ ч}$ |
| $a_{\text{фр}}, \text{ м}$ | 94,5 | 123 | 378 |
| $a_{\text{т}}, \text{ м}$ | 10,5 | 21,0 | 42 |
| $a, \text{ м}$ | 52,5 | 105 | 210 |
| $e, \text{ м}$ | 42 | 84 | 168 |
| $P, \text{ м}$ | 298 | – | – |
| $S, \text{ га}$ | 0,7 | – | – |

Принимаем исходные данные: план местности (рис. 4.2); очаг возгорания в районе В₂; направление ветра – западное; масштаб карты М 1:50. Наносим в масштабе от очага возгорания значения $a_{\text{фр}}$, $a_{\text{т}}$ и отрезки времени 30 мин, 1 и 2 ч. Контурно показываем зоны пожара на каждый временной интервал (см. рис. 4.2).

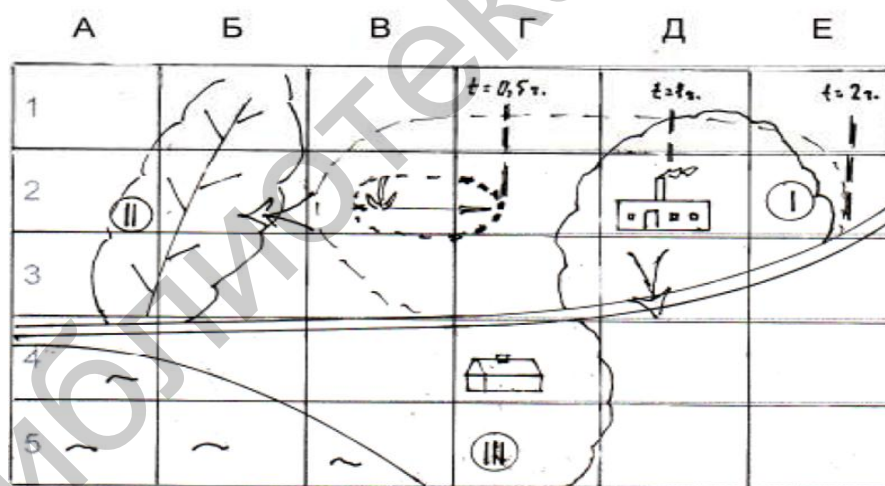


Рис. 4.2. План местности:

I – промышленная зона; II – участок работ в лесу (лесозаготовка, лесопосадки и др.); III – жилая территория (поселок)

По карте местности делаем вывод:

1. Наибольшая угроза пожара зоне I. Время подхода огня к промзоне меньше часа.
2. Безопасным направлением эвакуации являются:
 - выход в зону II;

– выход за естественную преграду в сторону дороги.

Рекомендуемые направления эвакуации наносим на карту.

3. Намечаем площадь локализации низового пожара (тушение кромки) силами пожарной бригады.

4. Угроза пожара в промзоне требует вызова дополнительных сил и техники.

Задания для самостоятельной работы

1. В соответствии с вариантом задания в табл. 4.2 рассчитать параметры низового лесного пожара.

2. Сделать эскиз карты местности (см. рис. 4.2). Нанесите оперативные данные (обстановки), выбрав соответствующий расчету масштаб. Указать зоны распространения пожара в различные временные отрезки (0,5; 1,0 и 2,0 ч.).

3. По расчетным данным определить *опасное* направление пожара (максимальную угрозу) и время подхода огня.

4. Выбрать оптимальное и безопасное направление эвакуации людей и техники. Укажите его на карте.

5. Установить первоочередное место локализации огня отрядом из рабочего персонала.

6. Указать необходимые технические средства и методы, используемые при ликвидации низового пожара.

7. Перечислить средства индивидуальной защиты (СИЗ) персонала при локализации очага пожара.

Таблица 4.2

Варианты заданий

| № варианта | Координаты очага возгорания | Ветер | | Горючий материал, $\frac{K}{C}$ |
|------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|---|
| | | скорость V_B , м/мин | направление | |
| 1 | A1 | 0,5 | CЗ | сухая трава при влажности до 30% <u>0,45</u> 3,5 |
| 2 | B2 | 1,5 | B | |
| 3 | A3 | 1,0 | З | |
| 4 | B3 | 2,0 | ЮВ | |
| 5 | Г3 | 0,5 | Ю | |
| 6 | Д4 | 1,5 | B | |
| 7 | Д1 | 1,0 | C | сухая трава при влажности 50% <u>0,27</u> 3,3 |
| 8 | E1 | 2,0 | CB | |
| 9 | A1 | 0,5 | CЗ | |
| 10 | B2 | 1,5 | B | |
| 11 | A3 | 1,0 | З | |
| 12 | B3 | 2,0 | ЮВ | |
| 13 | Г3 | 0,5 | Ю | зеленый мох при влажности до 30% <u>0,20</u> 2,40 |
| 14 | Д4 | 1,5 | B | |
| 15 | Д1 | 1,0 | C | |
| 16 | E1 | 2,0 | CB | |
| 17 | A1 | 0,5 | CЗ | |
| 18 | B2 | 1,5 | B | |

Контрольные вопросы

1. Какие первоочередные действия необходимо выполнить при обнаружении низового лесного пожара (ЛП)?
2. По каким признакам определяется направление распространения ЛП?
3. Какие факторы влияют на скорость и направление низового ЛП?
4. Какое влияние оказывает фактор времени на низовой ЛП?
5. Какие факторы и признаки должны быть учтены при определении безопасного направления эвакуации людей?
6. Какие СИЗ необходимо использовать при тушении низового ЛП?
7. Какие средства и способы могут быть использованы для локализации очага возгорания и защиты рабочей зоны или населенного пункта?

Литература

1. Методические указания к практическим занятиям для студентов ГЛТА / сост. Л. Ф. Унывалова. – СПб. : ГЛТУ, 2009.
2. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2011. – Минск, 2011.
3. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров / сост. А. М. Сегодня [и др.]. – Гродно : Гродненское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2012.
4. Лесной кодекс Республики Беларусь от 14 июля 2000 г. №420-З. – Минск, 2000.

Практическая работа №5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ, СРОКОВ СЛУЖБЫ И ОКУПАЕМОСТИ

Экологические аспекты невозобновляемых источников энергии

Энергия – способность производить работу или какое-то другое действие. Для современного общества наиболее актуальными видами энергии являются электрическая и тепловая.

Энергетические ресурсы – это любые источники механической, химической и физической энергии.

Около 90 % используемых в настоящее время энергоресурсов составляют невозобновляющиеся (уголь, нефть, природный газ, уран и т. п.). Состав топлива необходим для определения важнейшей характеристики топлива – теплоты сгорания топлива (теплотворная способность топлива).

Теплота сгорания топлива (Q) – это количество тепловой энергии, которая может выделиться в ходе химических реакций окисления горючих компонентов топлива, измеряется в кДж/кг – для твердого или в кДж/м³ – для газообразного топлива.

Средняя теплота сгорания, кДж/кг или (кДж/м³):

- солярка.....42 000;
- мазут40 200;
- природный газ.....35 800;
- антрацит.....20 900;
- торф.....8120;
- бурый уголь.....7900.

Для сравнения различных видов топлива их приводят к единому эквиваленту – **условному топливу**, имеющему теплоту сгорания 20 308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для пересчета реального топлива в условное используется тепловой эквивалент

$$K = \frac{Q}{29308},$$

Тепловой эквивалент:

- нефти – 1,43;
- мазута – 1,37;
- газа природного – 1,22;
- угля в среднем – 0,71;
- торфа – 0,27;
- дров – 0,25.

Важной характеристикой, влияющей на процесс горения твердого топлива, является выход летучих веществ (убыль массы топлива при нагреве

его без кислорода при 850 °С в течение 7 мин). По этому признаку *угли* делят на бурые (выход летучих более 40 %), каменные (10 – 40 %), антрациты (менее 10 %). Воспламеняемость антрацитов хуже, но теплота сгорания выше. Это надо учитывать при организации процесса сжигания.

Нефть в сыром виде редко используется как топливо, чаще всего для этой цели идут нефтепродукты. В зависимости от температуры перегонки нефтепродукты делят на фракции: бензиновые (200 – 225 °С); керосиновые (140 – 300 °С); дизельные (190 – 350 °С); соляровые (300 – 400 °С); мазутные (более 350 °С). В котлах котельных и электростанций обычно сжигается мазут, в бытовых отопительных установках – печное бытовое топливо (смесь средних фракций).

К *природным газам* относится газ, добываемый из чисто газовых месторождений, газ конденсатных месторождений, шахтный метан и др. Основной компонент природного газа – метан. В энергетике используется газ, концентрация CH_4 в котором выше 30 % (за пределами взрывоопасности).

Искусственные горючие газы – результат технологических процессов переработки нефти и других горючих ископаемых (нефтезаводские газы, коксовый и доменный газы, сжиженные газы, газы подземной газификации угля и др.).

Из *композиционных топлив*, как наиболее употребительное, можно назвать брикеты – механическая смесь угольной или торфяной мелочи со связующими веществами (битум и др.), спрессованная в специальных прессах.

Синтетическое топливо (полукокс, кокс, угольные смолы) в Беларуси не используется.

Расщепляющееся топливо – вещество, способное выделять большое количество энергии за счет торможения продуктов деления тяжелых ядер (урана, плутония). В качестве ядерного топлива используется природный изотоп урана (^{235}U), доля которого во всех запасах урана менее 1 %.

Традиционная энергетика и ее характеристика

Традиционную энергетику главным образом разделяют на электроэнергетику и теплоэнергетику.

Преобразование первичной энергии в электрическую производится на электростанциях: ТЭС, ГЭС, АЭС.

Производство энергии необходимого вида и снабжение ею потребителей происходит в процессе энергетического производства, в котором можно выделить **пять стадий**:

1. **Получение и концентрация энергетических ресурсов**: добыча и обогащение топлива, концентрация напора воды с помощью гидротехнических сооружений и т. д.

2. **Передача энергетических ресурсов к установкам, преобразующим энергию**; она осуществляется перевозками по суше и воде или перекачкой по трубопроводам.

3. **Преобразование первичной энергии во вторичную**, имеющую наиболее удобную для распределения и потребления форму (обычно в электрическую и тепловую энергию).

4. **Передача и распределение преобразованной энергии.**

5. **Потребление энергии**, осуществляемое как в той форме, в которой она доставлена потребителю, так и в преобразованной форме.

Потребителями энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера быта и обслуживания.

Если общую энергию применяемых первичных энергоресурсов принять за 100 %, то полезно используемая энергия составит только 35–40 %, остальная часть теряется, причем большая часть – в виде теплоты.

Основные типы электростанций и их характеристики

Преобразование первичной энергии во вторичную, в частности в электрическую, осуществляется на станциях, которые в своем названии содержат указание на то, какой вид первичной энергии в какой вид вторичной преобразуется на них:

- **ТЭС – тепловая электрическая станция** – преобразует тепловую энергию в электрическую;

- **ГЭС – гидроэлектростанция** – преобразует механическую энергию движения воды в электрическую;

- **ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция** – преобразует механическую энергию движения, предварительно накопленную в искусственном водоеме воды, в электрическую;

- **АЭС – атомная электростанция** – преобразует атомную энергию ядерного топлива в электрическую.

В Беларуси более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС. Поэтому рассмотрим процесс преобразования энергии на ТЭС.

Тепловые (ТЭС) – используемое топливо – твердое (уголь, торф, горючие сланцы); жидкое (нефть); газообразное (природный, доменный, коксовый газ).

Практически с учетом потерь КПД ТЭС находится в пределах 36–39 %. Это означает, что 64–61 % топлива используется «впустую», загрязняя окружающую среду в виде тепловых выбросов в атмосферу. КПД ТЭС примерно в 2 раза выше, чем КПД ТЭС. Поэтому использование ТЭС является существенным фактором энергосбережения.

Наибольшее распространение получили две группы ТЭС с паровыми турбинами:

1. **Конденсационные (КЭС)** – КПД 32 – 40 % – снабжают потребителей только электрической энергией, преобразуемой из тепловой энергии сгораемого топлива. КЭС строят по возможности ближе к местам добычи топлива, удобным для водоснабжения. Особенность агрегатов КЭС заключается в том, что они недостаточно маневренны: подготовка к пуску, разворот и набор нагрузки требуют от 3 до 6 ч. Поэтому для них предпочтительным является

режим работы с равномерной нагрузкой. Они существенно влияют на окружающую среду – загрязняют атмосферу, изменяют тепловой режим источников водоснабжения.

Крупные КЭС, обслуживающие потребителей значительного района страны, получили название государственных районных электростанций (ГРЭС).

2. Теплофикационные, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – КПД 70 – 75 % – снабжают потребителей электрической и тепловой энергией (используется отработанный в турбинах пар); строятся рядом с потребителями тепла (города, крупные промышленные предприятия).

Экономическую эффективность мощных энергоблоков с высокими параметрами пара можно проиллюстрировать такими данными: электростанции с блоками по 300 МВт на 240 атм обеспечивают экономию топлива почти на 44 % по сравнению с электростанциями, сооружавшимися по плану ГОЭЛРО с агрегатами по 10 – 16 МВт на 16 – 18 атм. Стоимость такой станции составляет от 1000 до 1400 дол. США/кВт, себестоимость электроэнергии – 5,2 – 6,3 цент/(кВт·ч), а срок службы – 70 лет и более (для ТЭЦ), окупаемость – 7 – 10 лет.

Примерно половина всей белорусской электроэнергии производится на двух ГРЭС – Березовской и Новолукомльской. Новолукомльская ГРЭС была введена в эксплуатацию в 1969 г. На ней установлено 8 турбин, общая мощность которых составляет 3400 МВт. Березовская ГРЭС строилась еще в начале 60-х гг. С 1960 по 1967 гг. здесь было введено в строй 6 турбин общей мощностью 920 МВт.

Гидравлические электростанции (ГЭС) – КПД 85 – 87 %.

Снабжают потребителей электрической энергией, преобразуемой из механической энергии движущейся воды, строятся рядом с большим водоразделом. Не нуждаются в топливе, т. к. используют возобновляемый источник энергии (воду). Первичный двигатель – гидротурбина. Вырабатывают самую дешевую электроэнергию – 2,1 – 6 цент/(кВт·ч), основные затраты идут на строительство плотин – 1000 – 2500 дол. США/кВт.

ГЭС могут быть сооружены там, где имеются гидроресурсы и условия для строительства, что часто не совпадает с расположением потребителей электроэнергии. Гидроагрегаты высокоманевренны: разворот и набор нагрузки требуют от 1 до 5 мин. Одной из основных экономических особенностей эксплуатации ГЭС является высокая производительность труда. Затраты труда на единицу мощности на них почти в 10 раз меньше, чем на ТЭС (с учетом затрат труда на добычу топлива и его транспорт), а срок службы самый долгий – 100 лет при очень скорой окупаемости – в 8 – 10 лет.

Основные параметры, от которых зависит мощность ГЭС, – это расход воды, т. е. количество воды, подаваемой на турбину в единицу времени, и напор-перепад между водной поверхностью водохранилища и уровнем установки гидроагрегата. Поэтому мощность ГЭС, количество и стоимость вырабатываемой ею электроэнергии в конечном итоге зависят от топографических условий в районе размещения водохранилища и ГЭС.

Наиболее сложные проблемы гидроэнергетики – ущерб, наносимый окружающей среде водохранилищами (уничтожение уникальной флоры и фауны, затопление плодородных почв, климатические изменения, потенциальная угроза землетрясений и др.), заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение ГЭС.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) – КПД составляет 70 – 75 %. Предназначены для выравнивания суточного графика энергосистемы по нагрузке. В часы минимальной нагрузки они работают в насосном режиме (перекачивают воду из нижнего водоема и запасают энергию); в часы максимальной нагрузки энергосистемы агрегаты ГАЭС работают в генераторном режиме, принимая на себя пиковую часть нагрузки. ГАЭС сооружают в системах, где отсутствуют ГЭС или их мощность недостаточна для покрытия нагрузки в часы пик. Агрегаты высокоманевренны и могут быть быстро переведены из насосного режима в генераторный режим.

Атомные электростанции (АЭС) – КПД 35–38 %. Снабжают потребителей электрической энергией, получаемой в результате цепной реакции деления ядер урана ^{235}U . Строятся для электроснабжения целых регионов вблизи источников воды (для охлаждения реактора). Вырабатывают самую дорогую электроэнергию (3,6–4,5 цент/(кВт·ч)). Атомные электростанции могут быть сооружены в любом географическом районе, но при наличии источника водоснабжения, затраты на строительство также внушительные – 2000 – 3500 дол. США/кВт. Поэтому срок окупаемости 15 – 20 лет при эксплуатации в 30 – 40 лет. Агрегаты, в особенности на быстрых нейтронах, неманевренны, так же как и агрегаты КЭС. Атомные электростанции предъявляют повышенные требования к надежности работы оборудования. Так, в США были аннулированы заказы на 173 новых блока АЭС, в Германии – на 27, в Англии – на 13, во Франции – на 12. Более жесткими становятся экологические требования к АЭС. Экономисты Мирового банка заявляют, что атомная энергия не может соревноваться с энергией, производимой на тепловых станциях, стоит только подсчитать издержки от вывода из эксплуатации старых реакторов и утилизации отработанного топлива, а также постоянной реконструкции через каждые семь лет.

АЭС – это по существу тепловые электростанции, которые используют тепловую энергию ядерных реакций. В качестве ядерного горючего используют обычно изотоп урана ^{235}U , содержание которого в природном уране составляет 0,714 %. Ядерное топливо используют обычно в твердом виде. Наиболее распространенным теплоносителем является вода. Ядерное топливо обладает очень высокой теплотворной способностью (1 кг ^{235}U заменяет 2900 т угля), поэтому АЭС особенно эффективны в районах, бедных топливными ресурсами.

В природном или слабообогатенном уране, где содержание ^{235}U невелико, цепная реакция на быстрых нейтронах не развивается. В качестве замедлителей используют вещества, которые содержат элементы с малой атомной массой, обладающие низкой поглощающей способностью по отношению к нейтронам. Основными замедлителями являются вода, графит.

В настоящее время наиболее освоены реакторы на тепловых нейтронах. Такие реакторы конструктивно проще и легче управляемы по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах.

РБМК (реактор большой мощности, канальный) – реактор на тепловых нейтронах, водо-графитовый.

ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) – реактор на тепловых нейтронах, корпусного типа.

БН – реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Во многих странах атомные станции уже вырабатывают более половины электроэнергии (во Франции – около 75 %, в Бельгии – около 65 %, в России – 15 %).

Последствия аварии на Чернобыльской АЭС привели к потребности в существенном повышении безопасности АЭС и заставили отказаться от строительства АЭС в густонаселенных и сейсмоактивных районах. Тем не менее с учетом экологической ситуации атомную энергетику следует рассматривать как перспективную.

Нетрадиционная энергетика и ее характеристика

Многие специалисты энергетики считают, что единственный способ преодоления энергодемографического кризиса – это масштабное использование возобновляемых источников энергии, или нетрадиционных, к которым относятся солнечная энергия; энергия ветра; геотермальная энергия; энергия океанов и морей в виде аккумулированной теплоты, морских течений, морских волн, приливов и отливов; использование отходов, биомассы.

- **ПЭС – приливная электростанция** – преобразует энергию океанических приливов и отливов в электрическую;

- **ВЭС – ветряная электростанция** – преобразует энергию ветра в электрическую;

- **СЭС – солнечная электростанция** – преобразует энергию солнечного света в электрическую и т. д;

- **ГТЭС – геотермальная электростанция** – преобразует энергию земных недр в электрическую.

По прогнозу к 2020 г. возобновляемые источники энергии должны были заменить около 2,5 млрд т топлива, а их доля в производстве электроэнергии и теплоты составить около 8 %. Современные тенденции в энергопотреблении позволяют говорить о больших перспективах в развитии именно этого направления и уменьшении роли традиционных источников энергии (см. табл. 5.1).

Ресурсы возобновляемой энергии

| Первичный вид энергии | Источник энергии | Мировые ресурсы 10^{15} (кВт·ч)/г |
|-----------------------|----------------------|--|
| Механическая | Сток рек | 0,028 |
| | Волны | 0,005–0,05 |
| | Приливы и отливы | 0,09 |
| | Ветер | 0,5–5,2 |
| Тепловая | Воды морей и океанов | 0,1–1,0 |
| | Недра Земли | 0,05–0,2 |
| Лучистая | Солнечное излучение | – |
| | На поверхности Земли | 200–280 |
| Химическая | Биомасса и торф | 10 |

В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно. Их применение крайне заманчиво, многообещающе, но требует больших расходов на развитие соответствующей техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения. Например, срок службы ветровых станций 20 – 25 лет, а срок окупаемости – 12 лет, при затратах на строительство в 300 – 1000 дол. США/кВт. При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с традиционными невозобновляемыми. К ним относятся следующие.

1. Периодичность действия в зависимости от природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности.

2. Низкие, на несколько порядков ниже, чем у возобновляемых источников, плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве.

3. Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана, а также удобрений.

4. Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и потребностей в энергии – с другой. Срок службы некоторых типов станций (20 – 25 лет) и срок их окупаемости (20 лет) почти одинаков, при высоких затратах на строительство (13 000 дол. США/кВт) и высокой себестоимости энергии – более 15 цент/(кВт·ч) (данные приведены для волновых электростанций).

Источники механической энергии, КПД:

- ветроустановки – порядка 30 %;
- гидроустановки – 85 – 87 %;
- волновые и приливные станции – 45 %.

Источники тепловой энергии:

- прямое или рассеянное солнечное излучение – 10 – 15 %;
- фотопреобразователи (арсенид галлия) – порядка 28,5 %;
- биотопливо – не более 35 %.

Солнечные электростанции. К сожалению, стоимость получаемой электроэнергии на гелиотермических электростанциях несопоставима с ее стоимостью на ТЭС и даже АЭС (от 10 цент/(кВт·ч)) – для СЭУ и более 20 цент/(кВт·ч) – для гелиостанций). Серьезная проблема – непостоянство солнечного излучения в течение суток, его зависимость от времени года. Для обеспечения круглосуточного энергоснабжения требуется аккумуляирование энергии. Затраты на строительство станции составляют от 14 000 дол. США/кВт. В этой связи рациональна совместная работа гелиотермической и гидроаккумулирующей электростанций.

Заманчиво и многообещающе прямое превращение солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных элементов, в которых используется явление фотоэффекта. В настоящее время наиболее совершенны кремниевые фотоэлементы. ФЭП на основе арсенида галлия очень дорогие: стоимость СБ в 1 кВт – 3100 дол. США.

Для территории Республики Беларусь свойственны относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток года. В этой связи необходимо отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, весьма большие материальные и трудовые затраты.

Ветроэнергетика. В ветроэнергетической установке (ВЭУ) кинетическая энергия движения воздуха приводит в движение ротор генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора. Поэтому ветроэнергетические установки большой мощности оказываются крупногабаритными. Для защиты от разрушения сильными порывами ветра установки проектируются со значительным запасом мощности. Трудности в использовании ветроустановок связаны с непостоянством скорости ветра. Для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. Крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может вызвать значительные климатические изменения, ВЭУ создают шум и электромагнитные помехи. Стоимость вырабатываемой ими электроэнергии (4,7 – 7,2 цент/(кВт·ч)) будет меньше, чем на ТЭС на жидком топливе. Устанавливаться такие ВЭУ могут на открытых равнинных местах.

Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4 – 5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1,5 – 2,5 % ветровой энергии.

Геотермальная электростанция преобразует энергию земных недр в электрическую. Электростанции, в работе которых используется пар,

поступающий непосредственно из скважин в турбину генератора, называют станциями прямого типа. Наибольшее распространение получили геотермальные электростанции непрямого типа. Принцип работы заключается в подаче подземной горячей воды под высоким давлением в генераторные установки, расположенные на поверхности. Наиболее экологически чистыми являются геотермальные электростанции смешанного типа. Удачным решением стало то, что кроме подземной воды используют дополнительную жидкость или газ с более низкой точкой кипения. При пропускании через теплообменник, горячая вода преобразует дополнительную жидкость до состояния пара, который приводит в действие турбины. Учитывая, что это неисчерпаемый источник энергии, себестоимость вырабатываемой энергии составляет 4 – 5 цент/(кВт·ч), затраты на строительство – 1500 дол. США/кВт. Срок службы геотермальных электростанций – 20 – 25 лет, срок окупаемости, как правило, не превышает 7 – 10 лет.

Энергия биомассы. Под действием солнечного излучения в растениях образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии.

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы:

- термохимические (прямое сжигание, газификация);
- биохимические (спиртовая ферментация, анаэробная переработка);
- агрохимические (экстракция топлива).

Получаемые в результате переработки виды биотоплива и ее КПД приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Источники биомассы и производимые биотоплива

| Источник биомассы | Производимое биотопливо | Технология переработки | КПД переработки, % |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| Древесные отходы | Теплота | Сжигание | 70 |
| Зерновые | Солома | Сжигание | 70 |
| Сахарный тростник, сок | Этанол | Сбраживание | 80 |
| Сахарный тростник, отходы | Жмых | Сжигание | 65 |
| Отходы животноводства | Метан | Анаэробное разложение | 50 |

В климатических условиях Беларуси с 1 га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 5 т.у.т. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья выработанные торфяные месторождения. Весьма многообещающе использование в качестве биомассы отходов животноводческих ферм. Получение из них биогаза может составить 890 млн куб. м в год, что эквивалентно 160 тыс. т.у.т. Сдерживающим

фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов.

По виду энергии ВЭР разделяются на 3 группы:

- горючие (или топливные) ВЭР (отходы, содержащие углеродные и углеводородные включения: доменный газ, городской мусор, органические отработанные растворители и т. д.);
- тепловой ВЭР (любые теплоносители, имеющие температуру выше температуры окружающей среды, способные передать тепло для последующего использования: горячие газы и жидкости, являющиеся промежуточными или сбросными в данном технологическом процессе);
- ВЭР избыточного давления (газы и жидкости под давлением, которое можно использовать перед сбросом в окружающую среду).

Энергетический потенциал ВЭР реализуется в утилизационных установках (котлы-утилизаторы, теплообменники, печи, турбины и т. д.). При создании такой техники возникают объективные трудности, связанные с различными ограничениями в транспортировке теплоты и необходимостью ее использования вблизи мест образования тепловых отходов. Применение теплонасосных установок и трансформаторов для утилизации тепловых ВЭР и других местных низкотемпературных источников теплоты позволяет на 20 – 60 % снизить расходы топлива. Эти системы используют не только тепловые отходы производства, но и теплоту грунта и коммунальных стоков и др. Следовательно, теплонасосные установки, или термотрансформаторы, могут заменить традиционно используемые малоэкономичные паровые или водогрейные котлы.

Кроме того, огромный резерв теплоты содержит обратная и повторно используемая вода систем охлаждения машин и рабочих тел в различных технологических процессах. Такая вода имеет температуру 20 – 40 °С, что не позволяет использовать ее теплоту непосредственно. Выделение же ее в атмосферу наносит природе большой урон из-за теплового загрязнения биосферы. Следует отметить, что уровень внедрения теплонасосных установок в республике еще невелик. Между тем тепловые отходы образуются практически во всех отраслях промышленности, на всех предприятиях. Только использование теплоты охлаждающей воды позволит в масштабах страны ежегодно экономить до 50 млн т топлива (условного).

Основные факторы воздействия энергетических объектов на окружающую среду

В процессе горения топлива выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду. Их характеристика дана в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Сравнительные данные вредности различных видов органического топлива,
в относительных единицах (отн. ед.)

| ТОПЛИВО | Относительные слагаемые вредности | | | Суммарная вредность |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | Зола | SO ₂ | NO ₂ | |
| Природный газ | – | – | 4,07 | 4,07 |
| Мазут | – | 5,34 | 6,41 | 25,11 |
| Горючие сланцы | 2,59 | 8,57 | 8,16 | 19,32 |
| Антрацит | 0,46 | 3,17 | 6,90 | 11,07 |
| Бурый уголь | 0,33 | 3,87 | 7,56 | 11,76 |

Ежегодно в мире в результате сжигания органических топлив в атмосферу выбрасывается до 100 млн т золы и около 150 млн т сернистого ангидрида. При взаимодействии с атмосферной влагой эти оксиды образуют кислоты, выпадающие в районе высокой концентрации промышленных предприятий в виде «кислотных дождей».

В настоящее время электростанции Республики Беларусь работают на мазуте и природном газе, поэтому основная доля газообразных токсичных выбросов приходится на SO₂ и NO₂ (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Годовые расходы топлива и выбросы ТЭС на органическом
топливе мощностью 1000 МВт

| ВЫБРОС | Вид топлива и его годовой расход | | |
|-----------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| | ГАЗ 1,9·10 ⁹ м ³ /год | МАЗУТ 1,57·10 ⁶ т/год | УГОЛЬ 2,3·10 ⁶ т/год |
| SO ₂ | 0,012 | 52,66 | 139,0 |
| NO ₂ | 12,08 | 21,70 | 20,88 |
| Твердые частицы | 0,46 | 0,73 | 4,49 |

Исследования показывают, что комбинированное производство электрической энергии и тепла на ТЭЦ является самым важным направлением в снижении выбросов CO₂. Кроме диоксида углерода уменьшается количество выбросов SO₂ и NO₂ (рис. 5.1).

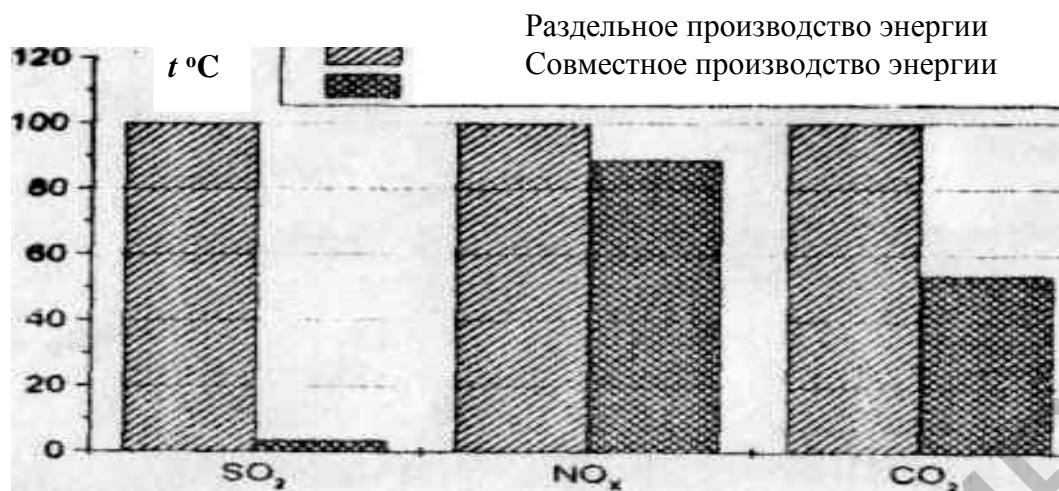


Рис. 5.1. Влияние технологии производства теплоты и электроэнергии на загрязнение окружающей среды

В отличие от традиционных установок работа АЭС практически не влияет на содержание кислорода и углекислого газа в атмосфере. Основными факторами взаимодействия АЭС с окружающей средой являются радиационное воздействие и тепловое загрязнение. Максимально допустимые выбросы с воздушными потоками АЭС представлены в табл. 5.5.

Таблица 5.5
Максимально допустимые выбросы АЭС при высоте вентиляционной трубы 100 м

| ВИД ВЫБРОСА | Активность выброса, Бк/сут |
|---|----------------------------|
| Стронций-90 и стронций-89 | $3,7 \cdot 10^7$ |
| Йод-131 | $3,7 \cdot 10^9$ |
| α - и β -активные аэрозоли, кроме изотопов стронция и йода | $1,85 \cdot 10^{10}$ |
| Радиоактивные инертные газы (изотопы криптона и аргона) | $1,33 \cdot 10^{14}$ |

Актуальность рационального использования энергии

Взаимосвязь экологии и энергосбережения выражается простой формулой: экономишь энергию – уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду. Образцом рационального использования ресурсов среди развитых стран является Япония. Примером же расточительства могут служить США. Так, если Япония для производства валового национального продукта стоимостью в 1 дол. США тратит 0,266 кг нефти, то США – 0,436 кг. Какими путями может быть достигнуто снижение потребления топлива? Эти мероприятия относятся к нескольким направлениям и включают следующий перечень, непосредственно связанный с энергетикой.

1. Разработка эколого-безопасных и экономически эффективных технологий добычи, переработки минерального сырья, повышения

коэффициента извлечения полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях. Особенно актуально это в отношении добычи нефти, извлечение которой в условиях Беларуси не превышает 40 %, в то время как новейшие технологии позволяют повысить этот показатель до 60 %. Эффективность использования энергоресурсов определяется степенью преобразования их энергетического потенциала в конечную используемую продукцию, что характеризуется коэффициентом полезного использования энергоресурсов $\eta_{эр}$:

$$\eta_{эр} = \eta_d \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{и},$$

где η_d – коэффициент добычи, извлечения потенциального запаса энергоресурса (отношение добытого ко всему количеству ресурса);

$\eta_{п}$ – коэффициент преобразования (отношения полученной энергии ко всей подведенной энергоресурсом);

$\eta_{и}$ – коэффициент использования энергии (отношение использованной энергии к подведенной к потребителю).

Для нефти $\eta = 30 - 40$ %, для газа – 80 %, угля – 40 %.

2. Более эффективное производство, передача и распределение энергии. Реальной экономии топлива можно добиться использованием тепловых энергетических отходов в котельных установках и промышленных печах. Повышенная влажность топлива также снижает температуру его горения и снижает эффективность процесса горения. **Не рекомендуются системы отопления с использованием электроэнергии.** Рефлекторные отопительные системы не могут быть рекомендованы с экологической точки зрения, к тому же электрические теплонасосы значительно дороже газовых систем.

3. Использование возобновляемых видов энергии (фотозлектрическая, солнечная энергия, энергия ветра). Установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные. Затраты на производство возобновляемой энергии постоянно снижаются, и она со временем может стать конкурентоспособной. Затраты на строительство даже такой дорогостоящей станции, как приливная, могут варьироваться от 3500 до 1000 дол. США/кВт; стоимость произведенной энергии – 5 – 9 цент/(кВт·ч) и окупается она уже на 15 году двадцатипятилетнего срока службы. *Получение горячей воды с помощью солнечной энергии.* Для частичного домашнего хозяйства это является самой эффективной возможностью использования обновляемой энергии. Солнечные батареи могут обеспечить около 50 % годовой потребности в горячей воде. Причем с мая по сентябрь они могут полностью обеспечивать эту потребность. Эксплуатационный период таких СЭУ составляет до 25 лет, а окупиться они могут уже через 6 лет. Для гелиостанций – 40 и 25 лет соответственно.

4. Устойчивое производство биомассы для замены ископаемого топлива. Использование биомассы в виде топлива также дает преимущества для экологии. Биомасса может быть использована в сочетании с органическим топливом – углем, торфом.

5. Производство энергии за счет переработки бытовых и производственных отходов. Утилизация тепловых энергетических отходов способствует снижению вредных выбросов пропорционально сэкономленному топливу. Особенно наглядной и ощутимой является организация оптимальных топочных процессов и утилизация сбросного тепла в промышленных печах, котельных установках и на других объектах электроэнергетики.

6. Развитие микрогидроэнергетики. Показатели использования гидроэнергоресурсов Республики Беларусь в сопоставлении с их техническим потенциалом и аналогичными показателями по другим странам мира приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Технический гидроэнергетический потенциал и освоение гидроэнергоресурсов в ряде стран мира

| Страна | Технический потенциал, млрд (кВт·ч)/г | Действующие ГЭС | | | Доля ГЭС, % |
|----------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------|
| | | общей мощности, МВт | в том числе малые | | |
| | | | мощность, МВт | число ГЭС | |
| Беларусь | 3,0 | 8,0 | 8,0 | 15,0 | 0,1 |
| Латвия | 4,0 | 1512,0 | 2,3 | 9 | 74,0 |
| Польша | 12,0 | 535,0 | 115,0 | 250 | 1,0 |
| Россия | 1670,0 | 39986,0 | 53,0 | 29 | 26,8 |
| Украина | 23,5 | 4465,0 | 100,0 | 149 | 8,7 |
| Австрия | 53,7 | 1 140,0 | 95,0 | 1580 | 68,0 |
| Исландия | 64,0 | 880,0 | 68,0 | 84 | 95,0 |
| Канада | 631,7 | 64770,0 | 700,0 | 200 | 62,0 |
| Норвегия | 200,0 | 26000,0 | 746,0 | 346 | 99,6 |
| США | 528,5 | 74856,0 | 2957,0 | 842 | 9,9 |
| Швеция | 130,0 | 16450,0 | 250,0 | 600 | 52,0 |

Согласно водноэнергетическому кадастру потенциальная мощность рек Беларуси в год составляет 855 МВт, или около 7,5 млрд (кВт·ч)/г. Технически возможные к использованию гидроэнергоресурсы оцениваются в 3 млрд (кВт·ч)/г. В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции. Наиболее часто к малым ГЭС относят гидроэнергетические установки, мощность которых не превышает 5 МВт. Нижним пределом мощности малых ГЭС принято считать 0,1 МВт, гидроэнергетические установки с меньшей мощностью обычно относят к категории микроГЭС [1].

7. Использование эффективных газотурбинных циклов. В 2006 г. на Белорусском газоперерабатывающем заводе (БГПЗ) Республиканского унитарного предприятия «Производственное объединение «Белоруснефть» официально введена в эксплуатацию когенерационная ТЭЦ на попутном газе (когенерация – комбинированное производство тепловой и электрической

энергии), генеральным подрядчиком и системным интегратором пусконаладки которой был Институт информационных технологий БГУИР. Строительство подобных ТЭЦ является одним из актуальнейших для Республики Беларусь направлений обеспечения энергетической безопасности, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения экономической эффективности предприятий. При этом на выработку электрической энергии расходуется условного топлива 140 – 180 г/(кВт·ч) – почти в два раза ниже, чем на вырабатываемой только электроэнергию конденсационной электростанции традиционной энергетики. Так, на Лукомльской ГРЭС – одной из лучших конденсационных электростанций – удельный расход условного топлива составляет 320 г/(кВт·ч); на Минской ТЭЦ 4, одной из наиболее эффективных в Европе теплофикационной ТЭЦ – 212 г/(кВт·ч). Срок окупаемости энерготехнологических комплексов на базе газопоршневых и газотурбинных агрегатов составляет 1 – 3 года, традиционных паротурбинных энергоблоков – 8 – 12 лет.

Без традиционной большой энергетики на базе мощных паровых турбоагрегатов невозможно обеспечить все потребности электроэнергии нашей республики. Однако по оценкам специалистов на белорусских предприятиях могут быть введены в эксплуатацию тысячи эффективнейших энерготехнологических установок и комплексов с суммарной электрической мощностью, превышающей 40 действующих мощностей энергосистемы Республики Беларусь.

Экономическая оценка предприятия и анализ зависимости прибыли предприятия от выбросов в окружающую среду

Следующие числовые примеры показывают влияние загрязнения окружающей среды на прибыль предприятия:

- Е – двукратное превышение нормативных выбросов; 15 % прибыли должно дополнительно отводиться в бюджет района или государства;
- Е – соблюдение нормы по вредным выбросам; прибыль предприятия при этом не меняется;
- Е – вредные выбросы вдвое ниже плановых величин; предприятие получает дополнительно 30 % от величины прибыли региона.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Произведите экономическую оценку и анализ возможности получения дополнительной прибыли для энергосистемы (табл. 5.7)

Исходные данные

| Вариант | W_3 , млн кВт·ч | W_T , Гкал | Выбросы, тыс. т | Годовой норматив выбросов, тыс. т |
|---------|-------------------|--------------|--------------------|---|
| 1 | 4,81 | 3521 | 3,794 | 12,237 |
| 2 | 4,20 | 3763 | 3,927 | |
| 3 | 2,98 | 2441 | 3,807 | 4,518 |
| 4 | 2,80 | 2687 | 3,644 | |
| 5 | 7,43 | 2443 | 2,331 | 3,699 |
| 6 | 7,59 | 2538 | 2,166 | |
| 7 | 14,68 | 3301 | 14,294 | 20,661 |
| 8 | 14,91 | 3383 | 12,042 | |
| 9 | 18,90 | 4112 | 11,802 | 23,135 |
| 10 | 18,49 | 4257 | 15,088 | |
| 11 | 11,62 | 2139 | 6,502 | 8,233 |
| 12 | 12,40 | 2168 | 6,318 | |
| 13 | 3,85 | 3736 | 8,848 | 1,11 |
| 14 | 4,05 | 3919 | 14,250 | |

Себестоимость тепло- и электроэнергии:

$$C_T = 32 \text{ р./Гкал};$$

$$C_3 = 0,4 \text{ р./}(кВт \cdot ч)$$

Цена отпускаемой тепло- и электроэнергии:

$$Ц_T = 70 \text{ р./Гкал};$$

$$Ц_3 = 1 \text{ р./}(кВт \cdot ч).$$

Пример решения задачи

Пусть имеются следующие числовые данные для расчетов: годовой норматив выбросов (W_T) 12 тыс. т; вредные выбросы предприятия в атмосферу 3 тыс. т; $W_T = 3500$ Гкал; $W_3 = 5$ млн кВт·ч.

1. *Рассчитываем превышение выбросов по отношению к годовому нормативу:* $12/3 = 4$, т. е. выбросы предприятия в 4 раза меньше нормативных.

2. Зная, что вредные выбросы вдвое ниже плановых величин, предприятие помимо основной прибыли получает еще 30 % дополнительной прибыли, в нашем случае при составлении пропорции имеем, что предприятие получает 60 % дополнительных дотаций от основной прибыли. Теперь можно высчитать основную прибыль предприятия.

3. *Рассчитаем прибыль от производства тепловой энергии по формуле*

$$\text{Прибыль} = \text{Цена} - \text{Себестоимость}.$$

Зная, что себестоимость всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{\text{общ}} = W_T \cdot C_T = 3\,500 \cdot 32 \text{ р.} = 112\,000 \text{ р.},$$

а цена всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{т.общ} = W_{т} \cdot C_{т} = 3500 \cdot 70 \text{ р.} = 245 000 \text{ р.}$$

Найдем прибыль от производства тепловой энергии:

$$П_{т} = C_{т} - C_{общ} = 245 000 - 112 000 = 133 010 \text{ р.}$$

4. Аналогично рассчитаем прибыль от производства электрической энергии.

Себестоимость всей вырабатываемой электрической энергии равна

$$C_{э.общ} = W_{э} \cdot C_{э} = 5 000 000 \cdot 0,4 = 2 000 000 \text{ р.}$$

Цена всей вырабатываемой электрической энергии равна

$$C_{э.общ} = W_{э} \cdot C_{э} = 5 000 000 \cdot 1 \text{ р./}(кВт \cdot ч) = 5 000 000 \text{ р.}$$

Прибыль от производства электрической энергии:

$$П_{э} = C_{э} - C_{э.общ} = 5 000 000 - 2 000 000 = 3 000 000 \text{ р.}$$

Прибыль от реализации теплоэнергии и прибыль от реализации электроэнергетики в совокупности – это основная прибыль предприятия:

$$П_{осн} = П_{т} + П_{э} = 133 010 + 3 000 000 = 3 133 010 \text{ р.}$$

Рассчитываем возможность получения дополнительной прибыли (в нашем случае – 60 % от основной прибыли предприятия):

$$П_{доп} = 0,6 \cdot 3 133 010 = 1 879 806 \text{ р.}$$

Общая прибыль предприятия составляет

$$П_{общ} = 3 133 010 + 1 879 806 = 5 012 816 \text{ р.}$$

Ответ: Общая прибыль предприятия составляет 5 012 816 р.

Задание 2. Используя данные, приведенные ниже, составить сравнительную характеристику различных типов электростанций и заполнить табл. 5.8.

Данные для использования

Преимущества и достоинства различных типов электростанций (выбрать соответствующий вариант): самый распространенный тип; не «привязан» к ресурсам, т. к. хорошо отлажены поставки сырья; проста в

обслуживании; не требует наличия высококвалифицированных кадров; возможность получить дополнительные ценные химические элементы из природной среды; использует неисчерпаемый источник энергии; использует возобновляемый источник энергии; небольшие затраты на строительство; мобильна в регулировании мощности и количества производимой энергии; высокая мощность станции; требует минимальное количество органического сырья; большой срок службы; высокий КПД; малый срок окупаемости; экологически чистый тип – не производит вредных выбросов в окружающую среду; использует дешевое сырье; географически может размещаться вдали от крупных потребителей энергии – городов; вырабатывает два типа энергии одновременно; отсутствие подвижных частей; снабжение энергией труднодоступных районов; полная независимость от времени суток и года; высокая надежность и стабильность; модульный тип; обеспечение гарантированного энергоснабжения в зонах неустойчивого энергоснабжения, предотвращение аварийных отключений; возможность использования для нужд горячего водо- и теплоснабжения и для выработки электроэнергии.

Недостатки различных типов электростанций (выбрать соответствующий вариант): использует исчерпаемый и невозобновляемый источник энергии; осуществляет вредные выбросы в окружающую среду; нарушает водообмен, изменяет скорость вод; «привязан» к природным условиям – не везде можно построить; проблемы при монтаже – требует кранов с грузоподъемностью 600 – 800 т и специальных дорог с разрешенной нагрузкой; нуждается в источнике потребления энергии – рационально размещение только в городах; оказывает «тепловое» загрязнение природного компонента; высокая минерализация вод и наличие токсичных соединений, что исключает возможность сброса этих вод в водные системы; малый срок службы; низкий КПД; небольшая мощность станции; большой срок окупаемости; шумность; для размещения требуются значительные площади; приводит к подтоплению прилегающих территорий; затраты на строительство; значительные капитальные затраты на бурение скважин и на создание коррозионно-стойкого теплотехнического оборудования; проблема утилизации отходов; в результате аварии – последствия глобального масштаба; локальное оседание грунта; визуальная дисгармония с окружающей средой; требует наличия высококвалифицированных кадров; требует наличия развитой инфраструктуры, транспортных сообщений; необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт; трудоемкость в обслуживании; производство многослойных элементов сопровождается вредными выбросами; большой расход холодной воды из окружающей среды на конденсаторы; являются препятствием для военных радаров; эффективны только для использования мелкомасштабных производств.

Таблица 5.8

Сравнительная характеристика различных типов электростанций

| Абревиатура ЭС | Тип ЭС | Источник энергии | Затраты на строительство, дол. США/кВт | Стоимость произведенной энергии, цент/(кВт·ч) | Срок окупаемости, лет | Срок службы, лет | КПД работы, % | Преимущества данного типа | Недостатки данного типа | Наличие в Республике Беларусь |
|----------------|--------|------------------|--|---|-----------------------|------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| ГЭС | | | | | | | | | | |
| ГАЭС | | | | | | | | | | |
| АЭС | | | | | | | | | | |
| ТЭС | | | | | | | | | | |
| ТЭЦ | | | | | | | | | | |
| ВЭС | | | | | | | | | | |
| ВЭУ | | | | | | | | | | |
| ПЭС | | | | | | | | | | |
| Волновые | | | | | | | | | | |
| СЭС | | | | | | | | | | |
| СЭУ | | | | | | | | | | |
| ГЕОТЭС | | | | | | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?
2. За счет каких мероприятий можно уменьшить потребление органического топлива?
3. В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?
4. Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?
5. Чем измеряется потенциальная мощность рек Республики Беларусь?
6. Чему равна установленная мощность малых ГЭС?
7. Какие экологические параметры должны учитываться при строительстве малых ГЭС?
8. Что такое когенерация?
9. Назовите наиболее перспективные реки для строительства ГЭС.
10. Какие вещества выделяются в результате неполного сгорания топлива?

Литература

1. Современное состояние и возможные пути развития гидроэнергетики Беларуси / А. Н. Альферович [и др.] // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ). – 1993. – №3 – 4.
2. Малая гидроэнергетика / Л. П. Михайлов [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1989.
3. Резниковский, А. Ш. Гидроэлектростанция в энергетических системах России / А. Ш. Резниковский, М. И. Рубинштейн. – М. : Гидротехническое строительство, 1997.

Практическая работа №6

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА, НАНОСИМОГО ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМ РАЗМЕЩЕНИИ ОТХОДОВ

Отходы и их классификация

С каждым годом проблема отходов становится все более серьезной. Утилизируемые отходы представляют собой серьезный источник загрязнения, однако при правильной организации управления отходами они могут являться неиссякаемым источником ресурсов.

В общем, *отходами* называются продукты деятельности человека в быту, на транспорте, в промышленности, не используемые непосредственно в местах своего образования и которые могут быть реально или потенциально использованы как сырье в других отраслях хозяйства или в ходе регенерации.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа.

Отходы по агрегатному состоянию принято подразделять на:

- твердые;
- жидкие;
- газообразные.

Отходы по степени опасности для окружающей среды подразделяют: (классификация идет по нарастающей от 5 класса до 1):

1 класс. Чрезвычайно опасные отходы. Угроза очень высокая, при таком уровне экологическая система необратимо нарушена, период восстановления отсутствует.

2 класс. Высокоопасные отходы. Угроза для окружающей среды высокая. Восстановление экологического баланса возможно через 30 лет.

3 класс. Умеренно опасные отходы. Экологическая система нарушена. Восстановление экологической системы возможно не менее чем через 10 лет после уменьшения или устранения вредоносного источника.

4 класс. Малоопасные отходы. Воздействие на экологию присутствует. Восстановление экологии не менее чем через 3 года.

5 класс. Практически не опасные. Воздействия на экологию нет.

По происхождению мусорные отходы подразделяются на:

1. Промышленные. Это отходы, которые образуются в результате производственных работ и технологических процессов. Мусор имеет 2–3 класс опасности.

2. Строительные. Данный вид отходов образуется в процессе строительных и монтажных работ различного назначения, в частности строительства крупных объектов, дорожных работ, а также при демонтаже и сносе помещений. Чаще всего к таким отходам относят застывшие растворы кусковой формы, щебень, битый кирпич, арматуру, древесный мусор, лом металлов и др. Данные отходы относят к категории 3–4 класса опасности.

3. *Бытовые.* Бытовые отходы образуются в процессе жизнедеятельности человека, как правило, в учреждениях, жилых комплексах, частных секторах и т. д. К данному виду мусора принято относить пищевые отходы, пластмассу, бумагу, мебель, стекло, одежду и другие бытовые отходы. Такого рода мусор имеет 4–5 класс опасности.

Одним из обособленных видов отходов являются *медицинские отходы*. Они, так же как и все, имеют свою особую классификацию и подразделяются *по степени опасности*:

1. Отходы, не имеющие контакта с инфекционными больными и с биологическими жидкостями остальных больных. К этой категории относят пищевые отходы любых лечебно-профилактических учреждений, кроме инфекционных, а также медицинское оборудование и инвентарь, не имеющие токсичных элементов.

2. Возможные инфицированные отходы. К этой категории относятся материалы и инструменты, которые имели контакт с биологическими жидкостями больных.

3. Патологоанатомические отходы. Органические и неорганические отходы операционной деятельности, а также все отходы инфекционных отделений, лабораторий и моргов.

4. Инфекционные отходы. К данной категории относят материалы и инвентарь, контактирующие с особо опасными инфекциями, а также отходы из лабораторий, работающих с инфекциями различного рода.

5. Просроченные лекарственные средства. К этой категории относят также предметы, оборудование и приборы, содержащие ртуть.

6. Медицинские отходы, которые содержат радиоактивные компоненты. Это самая опасная категория.

Наибольшую проблему для жилищно-коммунальных служб составляют твердые бытовые отходы (ТБО), поскольку они, во-первых, образуются повсюду и, во-вторых, разработку способов их сбора, обезвреживания и утилизации затрудняет то обстоятельство, что эта группа отходов представляет собой многокомпонентную смесь различного фракционного состава.

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой грубую механическую смесь самых разнообразных материалов и гниющих продуктов, отличающихся по физическим, химическим и механическим свойствам и размерам.

В состав ТБО входят в основном бумага, картон (37 %); кухонные отходы (30,6 %); дерево (1,9 %); кожа, резина (0,5 %); текстиль (5,4 %); искусственные материалы, в основном полиэтилен (5,2 %); кости (1,1 %); металлы (3,8 %); стекло (3,7 %); камни, керамика (0,8 %); прочие фракции (9,7 %).

За последние десятилетия структура ТБО претерпела существенные изменения. Если в начале XX ст. мусорные свалки городов состояли в основном из остатков продовольствия и тяжелой фракции канализационных стоков, то сейчас на первом месте находятся такие компоненты, как бумага, стекло, металлы, полимеры.

Усредненные оценки удельного веса главных составляющих ТБО по отдельным странам обычно характеризуются следующими средними пропорциями: 20–50 % макулатуры, до 40 % пищевых отходов, по 2–5 % черных и цветных металлов и пластмасс, 4–6 % стекла и текстиля.

Способы переработки твердых бытовых отходов

В мировой практике до настоящего времени незначительная часть твердых бытовых отходов подвергается промышленной переработке, а подавляющее их количество все еще продолжают вывозить на свалки (полигоны): в СНГ на свалки вывозят 97 % образующихся ТБО, в США – 73 %, в Великобритании – 90 %, в Германии – 70 %, в Швейцарии – 25 %, в Японии – около 30 %.

Недостатки складирования ТБО на свалках: большая потребная площадь земли, сложность организации новых свалок в связи с отсутствием свободных земельных участков, значительные затраты на транспортировку ТБО, потеря ценных компонентов ТБО, экологическая опасность (загрязнение грунтовых вод и атмосферы, распространение неприятных запахов, потенциальная опасность в отношении пожаров и распространения инфекций и пр.).

Удаление отходов на свалки (полигоны) следует рассматривать как вынужденное, сиюминутное решение проблемы. Вот поэтому для всех стран вопросы, связанные с промышленной переработкой ТБО, учитывающие требования экологии, ресурсосбережения и экономики, являются актуальными и представляют собой кардинальный путь решения проблемы.

В мировой практике нашли промышленное применение четыре метода переработки ТБО:

- термическая обработка (в основном сжигание);
- биотермическое аэробное компостирование (с получением удобрения или биотоплива);
- анаэробная ферментация;
- сортировка (с извлечением тех или иных ценных компонентов для вторичного использования, удалением балластных или вредных компонентов, выделением отдельных фракций, наиболее пригодных технически, экологически и экономически для переработки тем или иным методом, например сжиганием или компостированием).

Термическая обработка (сжигание)

Сжигание является одним из наиболее распространенных и технически отработанных методов промышленной обработки ТБО перед их удалением на свалки. В европейских странах сжиганием перерабатывают 20–25 % объема городских отходов, в Японии – около 65 % , в США – около 15 % (в США мусоросжигание рассматривают как один из основных способов продления срока службы свалок).

Судя по зарубежным данным, технология прямого сжигания ТБО представляет экологическую опасность вследствие токсичных выбросов (тяжелые металлы, дибензодиоксины, дибензофураны и др.). Однако техника и технология сжигания ТБО непрерывно совершенствовались.

Более чем вековая практика позволяет достаточно четко сформулировать преимущества и недостатки мусоросжигания. *Преимущества этого метода:* уменьшение объема отходов в 10 раз; снижение риска загрязнения почвы и воды отходами; возможность рекуперации образующегося тепла. *Недостатки мусоросжигания исходных ТБО:* опасность загрязнения атмосферы; уничтожение ценных компонентов; высокий выход золы и шлаков (около 30 % по массе); низкая эффективность восстановления черных металлов из шлаков; сложность стабилизации процесса сжигания.

Биотермическое анаэробное компостирование

Второе по распространенности (после сжигания) место в мировой практике получили методы компостирования ТБО. *Компостирование* – это биохимический процесс разложения органической части ТБО микроорганизмами. В биохимических реакциях взаимодействуют органический материал, кислород и бактерии, а выделяются углекислый газ, вода и тепло. В результате саморазогрева до 60–65 °С происходит уничтожение большинства болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух. Продуктом компостирования является органическое удобрение – компост или биотопливо (сырой компост).

Компостирование ТБО в мировой практике развивалось как альтернатива сжиганию (первый завод в Европе по компостированию ТБО был построен в 1932 г. в Нидерландах), но большого распространения не получило. В Европе, Японии и США с получением компоста перерабатывают около 2 % ТБО. На всех компостных заводах в СНГ получаемый компост имеет весьма плохой товарный вид, характеризуется низким качеством и сбывается с большим трудом.

По аналогии с прямым мусоросжиганием технология прямого компостирования ТБО имеет тот же принципиальный *недостаток* – мало учитывает состав и свойства исходного сырья, чем и объясняется неудовлетворительная работа заводов и низкое качество готовой продукции.

Анаэробная ферментация

Третий метод промышленной переработки ТБО – получение и утилизация биогаза, образующегося при разложении органических компонентов ТБО – чаще всего используется непосредственно на полигонах захоронения. В США, например, имеется около 80 установок по сжиганию метана, получаемого за счет гниения мусора на свалках. Вместе с тем в Германии и Японии разработана технология получения биогаза из органической фракции, выделенной из ТБО при их обогащении на специальных заводах. По-видимому,

возможность применения анаэробной ферментации органической фракции ТБО следует учитывать в тех случаях, когда имеется практическая потребность в биогазе (с учетом его невысокого качества).

Сортировка

С середины 60-х гг. находит практическое применение четвертый метод переработки ТБО – их механизированная сортировка. В настоящее время в различных странах действует несколько десятков заводов, применяющих сортировку ТБО (извлечение металлов, легкой фракции, стеклобоя и др.). Однако сортировка сама по себе как самостоятельная операция не решает задачу санитарной очистки города и оптимальной переработки ТБО: выявляемые компоненты сбываются с трудом либо требуют создания специальных производств для их переработки, значительная часть отходов не утилизируется и подлежит удалению на полигоны. Вместе с тем важным является возможность выделения из них тех компонентов, которые в процессе дальнейшей переработки могут угрожать здоровью людей или не удовлетворяют требованиям процессов дальнейшей обработки.

Нивелирование недостатками вышеуказанных методов, взятых в отдельности, позволит построить промышленную технологию по принципу комбинации различных методов переработки ТБО. Объединяющим процессом при этом является сортировка, изменяющая качественный и количественный состав ТБО. Предварительная сортировка улучшает и ускоряет процесс компостирования органических веществ ТБО, облегчает очистку компоста от примесей, снижает требуемую производительность весьма дорогостоящего биотермического и термического оборудования, улучшает состав отходящих газов, улучшает процесс сжигания, т. е. технология комплексной переработки ТБО повышает экологичность и экономичность традиционной термической и биотермической обработки ТБО.

В общем виде технология комплексной переработки ТБО должна представлять комбинацию процессов селективного сбора (отработанных люминесцентных ламп, электробатареек и стеклобоя), механизированной сортировки (покомпонентной и пофракционной), биотермической обработки обогащенной органической фракции ТБО, термической обработки отходов обогащения и компостирования с утилизацией продуктов сжигания (шлака и тепла отходящих газов).

Проблема твердых бытовых отходов в Республике Беларусь

За последние десятилетия количество мусора в нашей стране увеличилось в разы и продолжает расти. При этом следует помнить, что, например, ПЭТ-бутылки разлагаются 150 лет, полиэтиленовые пакеты – 200, автомобильные покрышки – 500, а изделия из стекла и пенополистирола могут и вовсе навечно остаться на планете.

В Беларуси накоплено около 1 млрд т отходов. Особую тревогу представляют отходы, образованные на РУП «Производственное объединение «Беларуськалий» (60 %).

Около 4 млн т отходов – это твердые бытовые отходы (ТБО), которые население оставляет в процессе жизнедеятельности ежегодно. В среднем на каждого белоруса приходится более 200 кг отходов в год. В промышленных городах центральной части России норма отходов на душу населения оценивается сейчас в 225–250 кг в год. Для сравнения в развитых европейских странах, таких как Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Швеция, Швейцария, Япония, этот показатель уже в 1995–1996 гг. достиг 340–440 кг, в Австрии и Финляндии – свыше 620 кг, а в США превысил 720 кг на одного человека в год.

С каждым годом цифра эта растет, а вместе с ней и увеличиваются в размерах и свалки, отнимая у нас пространство. По словам специалистов, при этом сортируется и вторично перерабатывается очень мало.

Имеющиеся в Беларуси мусороперерабатывающие предприятия в силах справиться лишь менее чем с 10 % ТБО. Остальной мусор просто «хоронят» на спецполигонах. Всего, по информации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, в стране существует 170 крупных полигонов, большие предприятия также имеют полигоны по хранению отходов собственного производства – их насчитывается около 450, еще есть 3735 мини-полигонов.

Абсолютным лидером по объемам вывезенного мусора является Минск. С территории столицы в год вывозится твердых коммунальных отходов столько же, сколько из двух областей. В Минске ТБО захораниваются на трех действующих полигонах – «Северном», «Прудиче» и «Тростенецком». Самый новый из них – «Тростенецкий» – создан с учетом требований безопасности: его территория огорожена двухметровым бетонным забором, на дно уложен слой глины, на который настелена специальная пленка, защищающая почву от попадания ядовитых примесей. На этот полигон вывозятся бытовые отходы с южной части Минска. С северной части столицы отходы попадают на полигон «Северный», расположенный в районе поселка Новинки. Промышленные отходы везут в основном на полигон «Прудиче» в районе Колядич. В настоящее время «Тростенецкий» полигон заполнен примерно на 20 %, остальные – более чем на 90 %.

Проблему утилизации отходов во всех странах решают по-разному, в том числе через переработку и сжигание. В Беларуси планируется на ближайшее время построить 11 мусороперерабатывающих заводов. Сейчас в Беларуси работают 5 мусороперерабатывающих заводов: в Гомеле, Могилеве, Бресте, Новополоцке, Барановичах. В разное время озвучивалась информация о строительстве таких объектов в Гродно, Минске, Витебске, Борисове, Бобруйске, Слуцке, Солигорске. Проекты ориентированы на привлечение иностранных инвестиций, при этом на них будет использоваться технология переработки, а не сжигания.

Заводов, сжигающих отходы, в Беларуси нет, однако есть намерения строительства такого предприятия в Слуцке (технология низкотемпературного пиролиза). Там прошла стадия общественных слушаний и была проведена оценка воздействия на окружающую среду. По мнению экологов, низкотемпературный пиролиз можно вполне отнести к сжигающим технологиям. В случае строительства завода площадка будет находиться в некотором отдалении от города.

Подобный завод по термоутилизации ТБО предложила построить итальянская компания SOOMI в Орше. Инвестиции в новый завод оцениваются в объеме до 90 млн евро. Здесь можно будет ежегодно перерабатывать около 70 тыс. т твердых бытовых отходов – это практически весь объем коммунальных отходов, образующихся в городе.

Вопрос утилизации мусора в Гродно стоит остро, поэтому планируется начать строительство там мусоросортировочного завода. Площадка для строительства завода определена возле действующего полигона ТБО в 17 км от города. Стоимость проекта составляет около 20 млн дол. США. Предполагается, что завод будет представлять собой линию передовой сортировки твердых бытовых отходов с последующей переработкой вторичных материальных ресурсов на имеющихся перерабатывающих предприятиях и захоронением оставшейся части отходов.

В Минске строительство мусороперерабатывающего завода мощностью 100 тыс. т в год планируется разместить возле полигона твердых бытовых отходов «Гростенецкий». Финансироваться проект (35 млрд бел. р.) будет из городского бюджета.

У нас в республике для начала мы должны научиться отдельно выбрасывать пластик, стекло и органику, а также решить вопрос о доступности контейнеров во всех дворах, а до этих пор существующие заводы будут убыточными, не говоря уже о тех, которые предлагаются к строительству.

Более перспективным является максимальное извлечение из отходов «полезных» ресурсов, в том числе энергии, но без сжигания. Подобные предприятия уже есть в Беларуси, например завод по биокомпостированию и сортировке ТБО в Бресте, построенный компанией Strabag. В данный момент ведутся обсуждения по строительству подобного завода в Минске для решения проблемы иловых осадков и сточных вод города. С точки зрения экологии – это положительный пример решения проблемы данного типа отходов, а также решения проблемы зловонных запахов, источаемых предприятиями по очистке сточных вод.

В целом утилизация и переработка бытовых отходов по-прежнему не ведется на должном уровне. Это длительный и кропотливый процесс, которым предстоит заниматься ряду поколений ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов.

Оценка экономического ущерба, наносимого земельным ресурсам в результате загрязнения

Имеющиеся в настоящее время материалы мониторинга почв, а также результаты эколого-геохимических исследований свидетельствуют о том, что загрязнение почв имеет место преимущественно в городах и зонах их влияния, вдоль автомобильных дорог, в зонах влияния полигонов коммунальных и промышленных отходов, на сельскохозяйственных угодьях. Площадь территорий с опасным уровнем загрязнения почв в городах оценивается в 78 тыс. га, в зонах влияния автодорог – в 119 тыс. га, в зонах влияния полигонов отходов – 2,5 тыс. га.

Основными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы, нефтепродукты, нитраты, сульфаты, хлориды. Одной из наиболее серьезных проблем является радиоактивное загрязнение земель, образовавшееся в результате Чернобыльской аварии. Таким образом, загрязнение почв наносит обществу значительный материальный и социальный ущерб.

В соответствии с укрупненной методикой расчет (оценка) экономического ущерба (Y) от загрязнения и отчуждения земельных ресурсов производится по следующей формуле

$$Y = q \cdot y \cdot M, \quad (6.1)$$

где q – показатель, характеризующий относительную ценность земельных ресурсов;

y – удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву (определяется Министерством финансов совместно с другими министерствами и ведомствами);

M – масса годового выброса загрязняющих отходов в почву, т/год.

В пробах городских почв проанализировано содержание тяжелых металлов, сульфатов, нитратов и нефтепродуктов. При анализе степени загрязнения почв городов тяжелыми металлами установлено, что наибольшее количество проб с превышением ПДК характерно для свинца. Максимальное содержание свинца зарегистрировано на территории Гродно. Здесь же выявлено превышение ПДК цинка. Максимальное значение содержания сульфатов отмечено в Калинковичах.

Для восстановления нарушенных земель требуется *рекультивация* – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности разрушенных земель.

Экономическая эффективность рекультивации (\mathcal{E}) определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_p / Z_p, \quad (6.2)$$

где \mathcal{E}_p – эффект от рекультивации земель (величина чистого дохода);

Z_p – сумма затрат на рекультивацию.

Значение экономической эффективности рекультивации (\mathcal{E}) сравниваем с нормативным коэффициентом эффективности (E_n).

$$\mathcal{E} \geq E_n,$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности, равный 0,12.

Затраты на рекультивацию (Z_p) рассчитываются по формуле

$$Z_p = S \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5), \quad (6.3)$$

где S – площадь рекультивируемых земель;

Z_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – затраты на планировку поверхности, выемку плодородного слоя почвы, покрытие площади плодородным слоем, химическую обработку, инженерно-мелиоративное и гидротехническое обеспечение 1 га нарушенных земель соответственно.

В связи с вышесказанным очевидно, что главная задача в XXI в. – это максимально сократить вредные выбросы, активно разрабатывать более современные способы утилизации особо вредных и опасных отходов, переходить на альтернативные, экологически чистые виды энергии.

Практическое задание

1. Рассчитать экономический ущерб (Y), нанесенный земельным ресурсам Беларуси твердыми коммунально-бытовыми отходами согласно исходным данным по вариантам.

2. Определить процентное соотношение образовавшихся отходов в городах от соответствующих им областей.

Расчет экономического ущерба и определение процентного соотношения образовавшихся отходов в г. Минске проводить относительно всей Республики Беларусь (табл. 6.1)

Удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву – 210 р. на 1 т отходов.

Таблица 6.1

Исходные данные по вариантам

| Вариант | Территория | Масса годового выброса загрязняющих отходов в почву, т/г. | Относительная ценность земельных ресурсов |
|---------|------------------|---|---|
| 1 | Минск | 114 540 | 1 |
| 2 | Минская обл. * | 237 880 | 1 |
| | Солигорск | 23 619 | 0,5 |
| 3 | Брестская обл. | 122 740 | 2 |
| | Брест | 16 350 | 2 |
| 4 | Витебская обл. | 153 760 | 1 |
| | Новополоцк | 19 660 | 0,5 |
| 5 | Гомельская обл. | 173 570 | 1 |
| | Гомель | 25 490 | 2 |
| 6 | Гродненская обл. | 150 390 | 2 |
| | Гродно | 17 740 | 2 |
| 7 | Могилевская обл. | 167 790 | 1 |
| | Могилев | 18 640 | 1 |

*Количество выбросов Минской области дано без учета выбросов по г. Минску.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под определением «отходы»?
2. На какие виды делятся отходы?
3. Назовите основные классы отходов по степени опасности.
4. Дайте характеристику медицинским отходам.
5. Что представляют собой твердые бытовые отходы (ТБО)?
6. Что входит в состав твердых бытовых отходов?
7. Назовите методы переработки ТБО и дайте им оценку.
8. Проанализируйте ситуацию в Республике Беларусь, связанную с проблемой твердых бытовых отходов.
9. Какие показатели необходимо учитывать при подсчете экономического ущерба от загрязнения и отчуждения земель?
10. Что понимают под рекультивацией земель?
11. Как определить экономическую эффективность рекультивации земель?
12. На что затрачиваются средства при рекультивации земель?

Литература

1. Методические указания по расчету количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов ТБО / Н. Ф. Абрамов [и др.]. – М. : АКХ, 1999.
2. Агаханянц, О. Е. Биogeография с основами экологии : учеб. пособие для вузов / О. Е. Агаханянц, И. И. Кирвель. – Минск, 2005.
3. Алешина, Т. А. Эколого-экономические ущербы при обращении с ТБО / Т. А. Алешина // Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан : сб. докл. тематической науч.-практ. конф., Москва, 2005 г. / МГСУ. – М., 2005.
4. Асаенок, И. С. Основы экологии и экономика природопользования / И. С. Асаенок, Т. Ф. Михнюк. – Минск, 2005.
5. Бульмага, К. В. Загрязнение окружающей среды свалками: исследование процесса / К. В. Бульмага, В. Могылдя // Твердые бытовые отходы. – 2008. – №10 (28).
6. Галицкая, И. В. Экологические проблемы обращения и утилизации бытовых и промышленных отходов / И. В. Галицкая // Геоэкология. – 2005. – №2. – С. 144 – 147.
7. Глухов, В. В. Экономические основы экологии / В. В. Глухов, Т. П. Некрасова. – СПб., 2003.
8. Ерошина, Д. М. Условия размещения объектов по захоронению твердых отходов в Могилевской области / Д. М. Ерошина, И. А. Залыгина, Н. А. Лысухо. – Минск, 1997.
9. Матесович, А. А. Природная среда в Республике Беларусь: состояние и проблемы / А. А. Матесович, А. А. Савастенко. – Минск, 1992.
10. Твердые бытовые отходы : справочник / В. Г. Систер [и др.]. – М., 2001.

11. Черп, О. М. Проблема твердых бытовых отходов: комплексный подход / О. М. Черп, В. Н. Виниченко. – М. : Эколайн, 1996.
12. Шимова, О. С. Основы экологии и экономики природопользования : учебник / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский. – Минск, 2002.
13. Яцухно, В. М. Проблема деградации земель Беларуси / В. М. Яцухно, А. Ф. Черныш. – Минск, 2003.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

В трех частях

Часть 1

Телеш Инна Анатольевна
Кирвель Павел Иванович
Цявловская Наталья Владимировна и др.

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Е. И. Герман*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Д. Стенушь*

Подписано в печать 23.05.2017. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 300 экз. Заказ 75.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,

№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.

ЛП №02330/264 от 14.04.2014.

220013, Минск, П. Бровки, 6