

Министерство образования Республики Беларусь  
**Учреждение образования**  
**«Брестский государственный технический университет»**

Кафедра инженерной экологии и химии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к проведению лабораторных работ по дисциплине  
**«ОСНОВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИИ И  
ОХРАНЫ ПРИРОДЫ»**

для студентов специальности 740501  
«Мелиорация и водное хозяйство»  
(Часть 1. Сельскохозяйственная экология)



*Брест 2002*

УДК 556.574.55

В методических указаниях рассмотрены вопросы прогноза возможного загрязнения подземных вод, оценки самоочищения и искусственного очищения водных объектов, экологического совершенствования мелиоративных систем, ведения кадастра использования болот, особенностей ведения сельского хозяйства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов.

Предназначены для студентов специализации мелиорация и водное хозяйство (740501).

Составители: А.А. Волчек, к.г.н., доцент  
П.Ф. Химин, к.с.х.н., доцент  
Л.Н. Усачева, к.б.н.  
В.Н. Босак, к.б.н.

Рецензенты: А. В. Грибко, к.г.н., доцент, Учреждение образования «Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина», заведующий кафедрой физической географии и экологии,  
В. Н. Марчук, инженер-гидротехник, главный специалист, объединение «Брестмелиоводхоз»

Учреждение образования  
© Брестский государственный технический университет 2002

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	стр. 4
<i>Лабораторная работа № 1</i>	
Прогноз возможного загрязнения подземных вод .....	5
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
Оценка возможности самоочищения и искусственного очищения водных объектов при поступлении в них сельскохозяйственных стоков .....	12
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
Экологическое совершенствование мелиоративной системы инженерными методами .....	26
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
Составление кадастра народнохозяйственного использования болот .....	33
<i>Лабораторная работа № 5</i>	
Особенности ведения сельского хозяйства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов .....	40

## ВВЕДЕНИЕ

Исторически сложилось так, что человек, преследуя определенную цель (добыча ресурсов, обеспечение себя продуктами питания и т. д.), не задумывался об оказываемом при этом воздействии на природную среду. В условиях небольших масштабов производства такой подход в определенной степени был приемлем. Научно-технический прогресс и развитие цивилизации привели к значительным изменениям в биосфере Земли, истощению отдельных природных ресурсов, истреблению лесов, оскудению фауны, разрушению почвенного покрова, эрозии земель, загрязнению воды, воздуха, почвы и т. д. За время развития цивилизации было превращено в бесплодные пустыни около 20 млн км<sup>2</sup> территории, тогда как продуктивно используемая площадь составляет лишь 15 млн км<sup>2</sup>.

Сельское хозяйство в настоящее время стало, наряду с промышленностью, мощным фактором воздействия на природу, вызывающим в ней крупномасштабные и разнообразные изменения: разрушение природных и агроэкосистем под влиянием химизации, механизации, интенсивных технологий в растениеводстве и животноводстве, загрязнение сельскохозяйственной продукции химическими веществами делают актуальной задачу экологизации профессионального сельскохозяйственного образования и на этой основе повышения экологической культуры сельскохозяйственного производства.

Поэтому подготовка специалистов требует глубоких и всесторонних знаний не только современных технологий, применяемых в сельскохозяйственном производстве, но и экологических последствий антропогенного воздействия на окружающую среду, а также умения разрабатывать и внедрять в производство мероприятия по снижению отрицательных последствий воздействия современных интенсивных технологий и условий производств на природу и человека. Более того, это позволит использовать возможности природы и естественных факторов в повышении продуктивности и экономической эффективности отраслей растениеводства и животноводства.

Эту задачу в определенной степени решают данные методические указания.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## Прогноз возможного загрязнения подземных вод

**Цель работы** – освоить методику прогнозных расчётов возможности загрязнения подземных вод при орошении животноводческими стоками

### 1.1. Методика расчёта

Прогноз изменения качества подземных вод включает две основные оценки:

- времени достижения стоками уровня грунтовых вод;
- концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах под орошаемым массивом.

Время ( $T$ , сут) достижения стоками уровня грунтовых вод под орошаемым массивом оценивается по формуле:

$$T = \frac{A \cdot H}{q^{2/3} \cdot k}, \quad (1.1)$$

где  $H$  – мощность зоны аэрации (глубина залегания уровня грунтовых вод), м;  $A$  – пористость грунтов зоны аэрации в долях единицы;  $k$  – коэффициент фильтрации грунтов зоны аэрации, м/сут;  $q$  – удельный расход стоков, подаваемый на орошение, м/сут.

Удельный расход определяется по формуле:

$$q = \frac{Q_c}{F}, \quad (1.2)$$

где  $Q_c$  – общий расход подаваемых стоков, м<sup>3</sup>/сут;  $F$  – площадь орошаемого массива, м<sup>2</sup>.

Формула (1.1) применима для условия орошения дождеванием при основном условии полива  $k \geq q$ , т. е. происходит свободная фильтрация стоков без образования луж на поверхности поля. Если зона аэрации имеет неоднородный характер, то время  $T$  рассчитывается для каждого слоя в отдельности и складывается.

Сравнивая полученное время  $T$  с временем выживаемости бактерий (порядка 100...400 сут), оценивают возможность попадания микроорганизмов в грунтовые воды и возникновения их бактериального загрязнения.

Прогнозный расчёт концентрации загрязняющих веществ (нитратов) в грунтовых водах проводится с учётом их начального объёма под массивом орошения ( $W_0$ , м<sup>3</sup>), объёма профильтровавшихся сточных вод ( $W_\phi$ , м<sup>3</sup>), объёма просочившихся атмосферных осадков ( $W_p$ , м<sup>3</sup>).

Концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) в грунтовых водах ( $C_1$ , мг/дм<sup>3</sup>) к концу первого года орошения определяется по формуле:

$$C_1 = \frac{W_0 \cdot C_0 + W_\phi \cdot C_\phi + W_p \cdot C_p}{W_0 + W_\phi + W_p}, \quad (1.3)$$

где  $C_0$  – начальная (фоновая) концентрация ЗВ в грунтовых водах, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_\phi$ ,  $C_p$  – концентрация ЗВ в сточных водах и атмосферных осадках, мг/дм<sup>3</sup>.

С требуемой для практики точностью значения величин  $C_0$  и  $C_p$  в расчётах можно принять равными нулю. При прямоугольной форме орошаемого поля начальный объём вместимости водоносного горизонта определяется как

$$W_0 = L \cdot S \cdot m \cdot A, \quad (1.4)$$

где  $L$  – длина поля, м;  $S$  – ширина поля, м;  $m$  – мощность водоносного горизонта, м;  $A$  – пористость грунтов зоны аэрации, в долях.

Величина  $W_\phi$  принимается в пределах 10...30% от годового объёма поданных на орошение стоков  $W_c$ , который, в свою очередь определяется умножением проектной оросительной нормы ( $M$ , м<sup>3</sup>/га) на площадь орошения ( $F$ , га). Объём профильтровавшихся атмосферных осадков рассчитывается по формуле:

$$W_p = S \cdot L \cdot P_{min} \cdot (1 - \mu), \quad (1.5)$$

где  $P_{min}$  – минимальная норма годовых атмосферных осадков, м;  $(1 - \mu)$  – коэффициент просачивания атмосферных осадков.

Ввиду наличия естественного потока грунтовых вод, в течение межполивного периода происходит отжатие загрязнённых с концентрацией  $C_1$  вод вниз по потоку чистыми (фоновыми) грунтовыми водами. В последующие поливные периоды (годы) фильтрующие стоки опять смешиваются с грунтовыми водами, которые теперь состоят из двух частей: образовавшихся в предыдущий поливной период загрязнённых вод ( $\Delta W_{j-1}$ , м<sup>3</sup>) и чистых грунтовых вод ( $W_0$ , м<sup>3</sup>). Прогнозная оценка концентрации ЗВ в грунтовых водах к концу  $j$ -го года орошения выполняется с использованием зависимости

$$C_j = \frac{\Delta W_0 \cdot C_0 + \Delta W_{j-1} \cdot C_{j-1} + W_\phi \cdot C_\phi}{\Delta W_0 + \Delta W_{j-1} + W_\phi + W_p}, \quad (1.6)$$

где  $C_{j-1}$  – концентрация загрязняющих веществ в грунтовых водах к концу года, предшествующего расчётному, мг/дм<sup>3</sup>.

Объёмы  $\Delta W_0$  и  $\Delta W_{j-1}$  определяются с учётом скорости потока грунтовых вод:

$$\Delta W_0 = S \cdot v \cdot T_M \cdot m \cdot A; \quad (1.7)$$

$$\Delta W_{j-1} = S \cdot (L - v \cdot T_M) \cdot m \cdot A; \quad (1.8)$$

$$v = k \cdot i / A \quad (1.9)$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации водоносного слоя, м/сут;  $i$  – уклон (градиент) потока грунтовых вод;  $T_M$  – продолжительность межполивного интервала (октябрь – апрель), сут;  $v$  – скорость потока, м/сут.

Расстояние, проходимое загрязнёнными водами в течение каждого года вниз по потоку, определяется умножением скорости потока ( $v$ , м/сут) на число суток в году.

При наличии водозаборных скважин, расположенных вблизи орошаемого массива, но выше по потоку грунтовых вод, выполняется прогноз подтягивания к ним загрязнённых вод. Подтягивание произойдёт, если радиус области питания скважины превысит расстояние до санитарного контура орошаемого массива. Радиус питания скважины ( $x_{ск}$  м) рассчитываются по формуле:

$$x_{ск} = \frac{Q}{2\pi \cdot m \cdot k \cdot i}; \quad (1.10)$$

где  $Q$  – дебит водозаборной скважины, м<sup>3</sup>/сут.

## 1.2. Пример расчёта

Орошаемое поле имеет прямоугольную форму в плане с шириной  $S=400$  м и длиной  $L=800$  м, удельный расход подаваемых на орошение стоков  $q=0,005$  м/сут; уровень грунтовых вод находится на глубине  $H=2$  м. Характеристики слагаемых грунтов под полем орошения: коэффициент фильтрации  $k=0,125$  м/сут; коэффициент пористости  $A=0,40$ ; мощность водоносного горизонта  $m=5$  м; концентрации загрязняющих веществ (фоновая и сточных вод) соответственно равны  $C_0=0$ ;  $C_\phi=0,35$  мг/дм<sup>3</sup>; продолжительность межполивного периода  $T_M=225$  сут; уклон естественного потока грунтовых

вод  $i=0,125$ ; дебит водозаборной скважины  $Q=300 \text{ м}^3/\text{сут}$ ; минимальная норма годовых атмосферных осадков для условий Полесья  $P_{min}=0,50 \text{ м}$ ; коэффициент использования атмосферных осадков  $\mu=0,85$ ; проектная оросительная норма для условий белорусского Полесья –  $M=1600 \text{ м}^3/\text{га}$ .

1. Определяем время ( $T_{cym}$ ) достижения стоками уровня грунтовых вод под орошаемым массивом

$$T = \frac{A \cdot H}{q^{2/3} \cdot k} = \frac{0,40 \cdot 2}{0,005^{2/3} \cdot 0,125} = 218 \text{ сут.}$$

2. Оцениваем возможность бактериального загрязнения. В связи с тем, что время достижения стоками уровня грунтовых вод 218 сут, а время выживаемости бактерий около 100...400 сут, то может произойти бактериальное загрязнение некоторыми видами бактерий. Поэтому необходимы дополнительные исследования, по результатам которых необходимо принять меры по предотвращению бактериального загрязнения подземных вод.

3. Выполняем прогнозный расчёт концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах к концу первого года эксплуатации:

– определяем начальный объём вместимости почвогрунтов под массивным

$$W_0 = L \cdot S \cdot m \cdot A = 800 \cdot 400 \cdot 5 \cdot 0,40 = 640000 \text{ м}^3;$$

– определяем годовой объём поданных на орошение стоков

$$W_c = M \cdot F = 1600 \cdot 800 \cdot 400 \cdot 10^{-4} = 51200 \text{ м}^3;$$

– определяем объём профильтровавшихся сточных вод

$$W_\phi = (0,10 \dots 0,30) \cdot W_c = 0,30 \cdot 51200 = 15360 \text{ м}^3;$$

– определяем объём профильтровавшихся атмосферных осадков

$$W_p = S \cdot L \cdot P_{min} \cdot (1 - \mu) = 800 \cdot 400 \cdot 0,50 \cdot (1 - 0,85) = 24000 \text{ м}^3;$$

– определяем концентрацию загрязняющих веществ в грунтовых водах к концу первого года орошения

$$C_1 = \frac{W_0 \cdot C_0 + W_\phi \cdot C_\phi + W_p \cdot C_p}{W_0 + W_\phi + W_p} = \frac{640000 \cdot 0 + 15360 \cdot 0,35 + 24000 \cdot 0}{640000 + 15360 + 24000} = 0,05 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

4. Строим прогнозную характеристику оценки концентрации загрязняющих веществ в грунтовых водах к концу  $j$ -го года орошения:



– определяем скорость потока грунтовых вод

$$v = \frac{k \cdot i}{A} = \frac{0,125 \cdot 0,125}{0,40} = 0,039 \text{ м / сут};$$

– определяем объём чистых грунтовых вод с учётом скорости потока грунто-

$$\Delta W_0 = S \cdot v \cdot T_m \cdot m \cdot A = 400 \cdot 0,039 \cdot 225 \cdot 5 \cdot 0,40 = 7020 \text{ м}^3;$$

– определяем объём загрязнённых вод, образовавшихся в предыдущий поливной период

$$\Delta W_1 = S \cdot (L - v \cdot T_m) \cdot m \cdot A = 400 \cdot (800 - 0,039 \cdot 225) \cdot 5 \cdot 0,40 = 632980 \text{ м}^3;$$

– рассчитываем прогнозную концентрацию к концу второго года

$$C_2 = \frac{\Delta W_0 \cdot C_0 + \Delta W_1 \cdot C_1 + W_\phi \cdot C_\phi}{\Delta W_0 + \Delta W_1 + W_\phi + W_p} =$$
$$= \frac{7020 \cdot 0 + 632980 \cdot 0,05 + 15360 \cdot 0,35}{7020 + 632980 + 15360 + 24000} = 0,054 \text{ мг / дм}^3$$

– рассчитываем прогнозную концентрацию к концу третьего года

$$C_3 = \frac{\Delta W_0 \cdot C_0 + \Delta W_2 \cdot C_2 + W_\phi \cdot C_\phi}{\Delta W_0 + \Delta W_2 + W_\phi + W_p} =$$
$$= \frac{7020 \cdot 0 + 632980 \cdot 0,054 + 15360 \cdot 0,35}{7020 + 632980 + 15360 + 24000} = 0,058 \text{ мг / дм}^3$$

Дальнейший расчёт сводим в таблицу 1.1.

На рисунке 1.1 показана динамика концентрации загрязняющих веществ по массивам орошения.

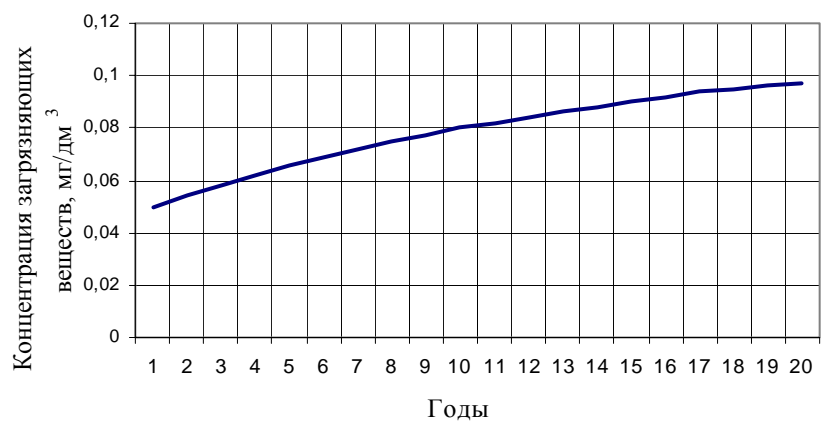


Рисунок 1.1. Динамика концентрации загрязняющих веществ.

Таблица 1.1. Динамика концентрации загрязняющих веществ по массивам орошения

Годы	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>	Расстояние, проходимое загрязнёнными водами, м
1	0,050	13,7
2	0,054	27,4
3	0,058	41,1
4	0,062	54,8
5	0,066	68,5
6	0,069	82,1
7	0,072	95,8
8	0,075	109,5
9	0,077	123,2
10	0,080	136,9
11	0,082	150,6
12	0,084	164,3
13	0,086	178,0
14	0,088	191,7
15	0,090	205,4
16	0,092	219,0
17	0,094	232,7
18	0,095	246,4
19	0,096	260,1
20	0,097	273,8

5. Выполняем прогноз подтягивания загрязняющих веществ к скважине, расположенной выше по потоку грунтовых вод от орошаемого массива. Определяем зону питания

$$x_{ск} = \frac{Q}{2\pi \cdot m \cdot k \cdot i} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 0,125 \cdot 0,125} = 612 \text{ м.}$$

Таким образом, скважины должны располагаться не менее, чем на 612 м от контура санитарной зоны.

### 1.3. Задание

Требуется:

- рассчитать время достижения уровня грунтовых вод сточными водами;
- определить концентрацию загрязняющих веществ под массивом орошения на  $j$ -й год после начала орошения;
- дать прогноз распространения загрязнения по водоносному горизонту и возможности его подтягивания к подземным водозаборам.

Таблица 1.2. Исходные данные

Параметры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$q$ , м/сут $10^{-4}$	93	70	28	69	65	49
$k$ , м/сут $10^{-3}$	406	634	434	496	221	345
$H$ , м	3	4	2	5	6	3
$A$ , $10^{-2}$	34	40	26	48	60	56
$m$ , м	9	10	8	14	15	6
$L/S$ , м/м	570	460	350	600	580	560
	590	580	610	600	570	580
$C_{фz}$ , мг/дм <sup>3</sup> $10^{-2}$	16	32	17	45	28	29
$i$ $10^{-2}$	40	26	56	48	24	25
$Q$ , м <sup>3</sup> /сут	340	410	280	390	280	370

Продолжение таблицы 1.2

Параметры	Варианты					
	7	8	9	10	11	12
$q$ , м/сут $10^{-4}$	17	51	95	57	83	31
$k$ , м/сут $10^{-3}$	882	798	539	080	635	047
$H$ , м	4	6	5	2	2	3
$A$ , $10^{-2}$	28	44	33	38	36	49
$m$ , м	6	10	8	5	6	7
$L/S$ , м/м	$\frac{350}{600}$	$\frac{520}{570}$	$\frac{510}{580}$	$\frac{500}{600}$	$\frac{470}{590}$	$\frac{430}{600}$
$C_{ф_2}$ , мг/дм <sup>3</sup> $10^{-2}$	22	38	23	50	31	34
$i$ $10^{-2}$	56	88	29	13	21	46
$Q$ , м <sup>3</sup> /сут	360	480	350	280	470	430

#### 1.4. Контрольные вопросы

1. Какие оценки включает прогноз изменения качества подземных вод?
2. В каких единицах изменяется концентрация загрязняющих веществ?
3. Время выживания бактерий.

#### Рекомендуемая литература

1. Изыскания для мелиоративного водохозяйственного и сельскохозяйственного строительства: Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. В.И. Вихров. Горки, 2000. – 28 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Оценка возможности самоочищения и искусственного очищения водных объектов при поступлении в них сельскохозяйственных стоков

**Цель работы:** расширить знания о загрязнении и способности водоемов к самоочищению, развить навыки оценки качества сточных вод и возможности их очистки искусственным способом

#### 2.1. Общие положения

##### 2.1.1. Свойства и значение воды

Вода – самое распространенное в биосфере вещество, 2/3 поверхности планеты заняты водой, ее масса –  $1,4 \cdot 10^{18}$  т, однако пресной воды – лишь 2,8% (31 млн км<sup>3</sup>), причем 2% приходится на льды Арктики, Антарктики и горных областей. Таким образом, в жидком состоянии находится всего 0,8% пресной воды, следовательно, запасы ее могут лимитировать экономическое развитие региона.

*Свойства.* Вода – прозрачная текучая жидкость, без цвета, без запаха. В ней легко растворяются многие вещества, поэтому в природе жидкая вода никогда не бывает химически чистой. Вода обладает большой удельной теплоемкостью, т.е. медленно нагревается, вбирая много тепла и энергии, а затем долго остывает. Она может находиться в трех состояниях – жидком, твердом и газообразном.

Как и другие вещества, вода при нагревании расширяется, а при охлаждении сжимается, но лишь до определенной температуры:  $+4^{\circ}$  С. При этой температуре вода имеет самую большую плотность, а при дальнейшем охлаждении она опять начинает расширяться и резко расширяется при переходе в лед (до 11% объема). В биосфере это имеет огромное значение: при любой отрицательной температуре придонные слои воды любых достаточно глубоких водоемов имеют постоянную температуру:  $+4^{\circ}$  С, что способствует сохранению их обитателей, а лед всегда находится на поверхности воды.

##### *Значение воды в жизнедеятельности биосферы*

1. Все живые организмы на 2/3 состоят из воды, т. к. все биохимические реакции и жизненно важные процессы протекают только в водной среде.
2. Для многих живых существ вода является их средой обитания.

3. В воде растворяются многие вещества и таким образом они перераспределяются в экосистемах и биосфере (минеральные удобрения, различные выбросы промышленных предприятий, растворимые горные породы и т. п.).
4. Она играет большую роль в процессе геологического преобразования нашей планеты (эрозия почв, разрушение горных пород).
5. Вода смягчает климат и определяет погоду – среднегодовую, среднесуточную.
6. Ее большая удельная теплоемкость позволяет весной накапливать влагу в почве, т. к. на таяние льда и снега затрачивается огромное количество солнечной энергии, и таяние идет постепенно, без катастрофического образования воды. Особенно равномерно это происходит в лесных массивах.
7. Именно молекулы воды, разлагаясь в зеленом листе под действием света, дают кислород в процессе фотосинтеза.
8. Вода в биосфере находится в постоянном движении, т. е. постоянно осуществляется круговорот веществ в природе:
  - а) происходит постоянное перемешивание теплых (нагретых) и холодных слоев водоемов, осуществляется движение рек, почвенных и подземных вод;
  - б) вода постепенно переходит из одного агрегатного состояния в другое (твердое ↔ жидкое ↔ пар). Так осуществляется водообмен между океаном, атмосферой и сушей – это *малый* круговорот веществ;
  - в) вода проходит и *большой* круговорот, если после выпадения в виде осадков она попадает в организм растений, животных и т. д.
9. Немаловажное значение имеет вода и в жизнедеятельности человека.

#### *Характеристика водопотребления*

Вода используется человеком как в личных целях (для питья, приготовления пищи, гигиенических процедур), так и в жизнедеятельности общества.

Природные воды используются в хозяйственной деятельности по следующим направлениям: питьевое водоснабжение; пищевая промышленность; хозяйственно-бытовое водоснабжение; отдых, туризм, спорт; нужды животноводства; прудовое рыбоводство; неорошаемое и орошаемое земледелие; промышленное и теплоэнергетическое водоснабжение; гидроэнергетика; судходство, сплав леса.

Использование воды может происходить двумя путями: без изъятия воды из источника и с изъятием ее. К первому пути, который называется *водопользованием*, относятся такие сферы деятельности, как судоходство, рыбное хозяйство, гидроэнергетика; ко второму - водоснабжение и орошение (водопотребление).

Наибольшее количество пресной воды используется на бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водопотребление.

Площадь орошаемых земель на планете составляет более 300 млн га. Количество воды, используемое в течение года на орошение 1 га посевов, в среднем составляет 12...14 тыс. м<sup>3</sup>. Ежегодное изъятие поверхностных вод для нужд *сельскохозяйственного водопотребления* в общей сложности составляет более 2500 км<sup>3</sup>, или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. В мировом водопотреблении орошаемое земледелие занимает первое место.

На втором месте по объему забранной из природных источников воды в мире стоит *промышленное водопотребление*. Интенсификация его связана как с быстрым ростом промышленности, так и с увеличением расхода воды на единицу продукции. Известно, что на производство 1 т синтетического волокна расходуется 2,5 – 5,0 тыс. м<sup>3</sup> воды; 1 т аммиака – около 1 тыс. м<sup>3</sup>; 1 т синтетического каучука – 2 тыс. м<sup>3</sup>; на переработку 1 т сырой нефти – 35 м<sup>3</sup>, на новых нефтеперерабатывающих заводах благодаря внедрению новых технологий в настоящее время расходуется 0,4 – 0,12 м<sup>3</sup>/т воды.

Валовое потребление пресной воды мировой промышленностью составляет около 400 км<sup>3</sup>, а ежегодный суммарный безвозвратный расход воды на промышленные нужды оценивается в 40 км<sup>3</sup>.

*Бытовое водопотребление* состоит из хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения. Для удовлетворения всех хозяйственных нужд необходимо 300 л пресной воды в сутки на одного человека (с учетом обеспечения пищевой промышленности и торговых предприятий). Расход воды на одного городского жителя в мире составляет приблизительно 150 л/сут, или 55 м<sup>3</sup>/год, сельского жителя – не более 50 л/сут или 18 м<sup>3</sup>/год.

В связи с ростом урбанизации в настоящее время мировая норма водопотребления на одного человека увеличилась до 400 л/сут, а ежегодный расход пресной воды может составить порядка 920 км<sup>3</sup>/год, или 2,5 % полного годового стока всех рек планеты. На цели питьевого водоснабжения обычно забираются подземные воды как наиболее чистые.

В нашей республике основными водопотребителями являются жилищно-коммунальное хозяйство и промышленность (59 % общего водопотребления), причем на хозяйственно-бытовые нужды идет основная масса забираемой воды.

В таблице 2.1 приведены данные об использовании воды по видам хозяйственной деятельности.

Согласно данным таблицы 2.1, в республике прослеживается постоянная тенденция к сокращению водозабора, что связано с общим падением уровня производства в промышленности и сельском хозяйстве, тогда как хозяйственно-бытовое водопотребление ежегодно увеличивается.

В структуре общего водозабора в Беларуси преобладают подземные воды, доля которых к настоящему моменту составляет 65%. В 1998 г. из подземных горизонтов забрано 1092 млн м<sup>3</sup> воды, тогда как из рек, озер и водохранилищ – 759 млн м<sup>3</sup>. Общий водозабор в республике в 1998 г. составил 1851 млн м<sup>3</sup>.

Таблица 2.1. Использование воды по видам хозяйственной деятельности, млн м<sup>3</sup>/год

Виды деятельности	Годы					
	1990	1991	1992	1993	1994	1996
Хозяйственно-бытовое потребление	691	721	705	695	712	726
Производство	1001	987	914	801	624	559
Сельское хозяйство	334	328	324	311	300	186
Орошение	67	37	39	27	21	56
Прудовое рыбоводство	697	750	648	701	670	254
<b>Всего</b>	<b>2791</b>	<b>2823</b>	<b>2630</b>	<b>2535</b>	<b>2327</b>	<b>1781</b>

Несмотря на достаточно значительные запасы пресной воды в Беларуси, обеспеченность водой питьевого качества составляет не более 67 %, и в настоящее время наметилась тенденция к увеличению дефицита пресной чистой воды. Проблема чистой воды в республике становится одной из самых важных в связи со всевозрастающим химическим и радиоактивным загрязнением природных вод.

### **2.1.2. Загрязнение воды**

Поскольку человек использует для своих нужд лишь пресную воду, в настоящее время она превращается в драгоценное сырье, заменить которое невозможно.



*Проблема водоснабжения* стала одной из важнейших в развитии общества и возникла по трем *основным причинам*:

1. Интенсивного *увеличения потребности* в воде в связи с быстрым ростом народонаселения и развитием промышленности (каждые 10-12 лет потребление воды увеличивается в 1,5...2,0 раза).

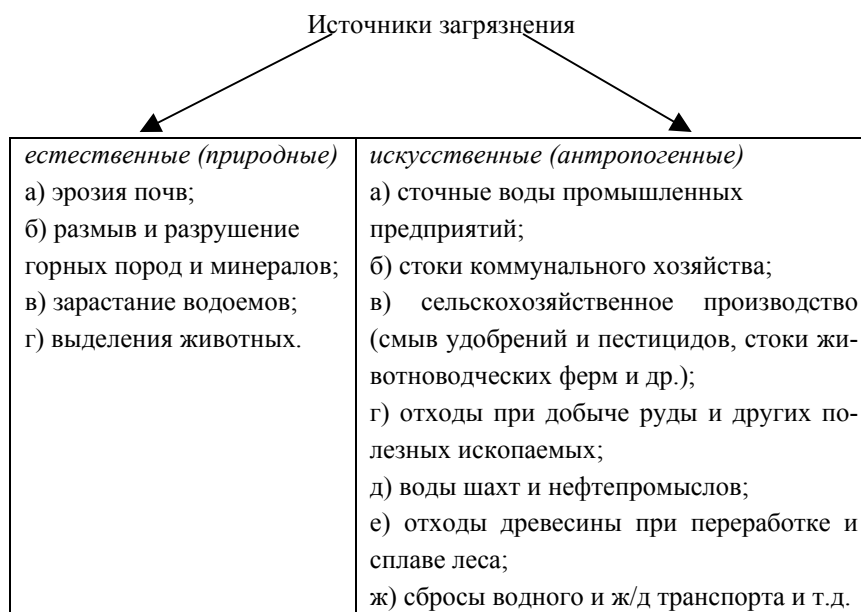
2. *Потеря пресной воды*:

а) из-за сокращения водоносности рек, которое связано с вырубкой лесов, распашкой лугов, осушением болот – все это снижает уровень грунтовых вод;

б) из-за нерационального использования воды.

3. *Загрязнения воды*.

Масштабы загрязнения внутренних водоемов принимают угрожающие размеры. В большинстве стран мира, по существу, загрязнены все крупные реки и озера.



Среди этих источников основное значение имеют производственные сточные воды, содержащие различные химические вещества, оказывающие губительное действие на гидробионтов.

*Основные загрязнители:*

- нефть и нефтепродукты;
- фенолы и другие химические вещества;
- моющие синтетические средства (концентрация 1 мг/л вызывает гибель планктона);
- удобрения и пестициды;
- соли тяжелых и цветных металлов;
- радионуклиды;
- бытовые стоки и т. д.

*Последствия:*

1. Ухудшается здоровье человека. Загрязненная вода, кроме химических соединений, опасна и содержанием болезнетворных микробов. Водным путем передаются: дизентерия, брюшной тиф, вирусный гепатит А, холера; и др. По данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), более 1 млрд человек ежегодно страдает от болезней, возникающих вследствие употребления загрязненной воды.

2. Загрязненная вода не пригодна и для использования в промышленности – нарушается ход химических реакций, ухудшается качество продукции.

3. Такая вода приводит к усиленной коррозии подземных труб и других сооружений.

4. При орошении полей загрязненной водой ухудшается состояние почв: засоление их, подщелачивание либо повышение кислотности и т.д.

5. Постоянно снижается воспроизводство рыбы, зоо- и фитопланктона и других гидробионтов, которые наиболее чувствительны к любым загрязнителям.

### ***2.1.3. Характеристика сточных вод***

Сточные воды могут содержать в своем составе пожаро- и взрывоопасные вещества, а также соединения, агрессивные по отношению к трубопроводам, коллекторам, очистному оборудованию. В некоторых случаях в сточных водах содержатся вещества, обладающие резким, неприятным запахом, или поверхностно-активные вещества, приводящие к пенообразованию, и т. д.

Исследование качественного состава сточных вод часто затрудняется вследствие сложности их состава, широкого интервала концентраций примесей, динамики изменения состава сточных вод во времени.

При аналитическом контроле за работой очистных сооружений большое значение имеет время, затрачиваемое на проведение анализа, так как за этот промежуток времени в водоем или в системы оборотного водоснабжения может быть направлена недостаточно очищенная вода. Поэтому следует применять *экспресс-методы анализа сточных вод*, а также *автоматические приборы*, позволяющие осуществлять *непрерывный контроль* за составом сточных вод и работой очистных сооружений.

К общим показателям загрязненности сточных вод относятся:

- органолептические (цвет, вкус, запах, прозрачность, мутность);
- физико-химические (температура, значение рН, оптическая плотность, электропроводность, жесткость, общее содержание солей и пр.);
- общее содержание растворенных веществ, в частности, кислорода;
- общее содержание органических веществ;
- содержание отдельных веществ (углерода, азота, серы);
- химическое (ХПК) и биологическое (БПК) потребление кислорода.

Кроме того, часто в сточных водах проводят определение индивидуальных специфических соединений, характеризующихся особой токсичностью (тяжелые металлы, соли синильной кислоты, фенолы и др.).

*Под ХПК принимают массу кислорода (мг), необходимую для химического окисления примесей, содержащихся в одном кубическом дециметре (л) воды.*

Для определения ХПК используется стандартная методика, по которой в качестве окислителей могут быть использованы перманганат калия (*перманганатная окисляемость*) или бихромат калия (*бихроматная окисляемость*).

Загрязненность сточной воды веществами, доступными процессу биологического окисления, определяется ее биохимической плотностью в кислороде.

*Под БПК принимают содержание кислорода (мг), израсходованного за определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических веществ, содержащихся в воде.*

В зависимости от периода времени, за которое определяется БПК, различают БПК<sub>5</sub> (за пять суток), БПК<sub>10</sub> (за десять суток), БПК<sub>20</sub> (за двадцать су-

ток) и т. д., вплоть до БПК<sub>п</sub>(полное), когда все биологически окисляемые вещества разложились микроорганизмами. БПК чистой речной воды равно 3...6 мг О<sub>2</sub>/л, для сточных вод значение БПК значительно выше.

Доступность какого-либо вещества биологическому окислению может быть оценена величиной  $\frac{БПК_{полн}}{ХПК}$ . Скорость биологического окисления характеризуется величиной  $\frac{БПК_5}{БПК_{полн}}$ .

В сточных водах химических производств могут присутствовать вещества, способные нарушать нормальную жизнедеятельность микроорганизмов, осуществляющих процессы биохимической очистки. Причины такого токсического воздействия разных веществ бывают неодинаковые, но чаще всего они связаны с повреждением отдельных частей микробной клетки.

Токсическое действие различных веществ сточных вод значительно ослабляется при их разбавлении. Таким путем можно адаптировать (приспособить) микроорганизмы к разным химическим соединениям. Для этого следует подвергать микроорганизмы воздействию этих веществ, постепенно повышая их концентрацию до определенного предела. Превышение допустимых концентраций токсического вещества приводит к гибели микроорганизмов даже при условии их предварительной адаптации.

В таблицах 2.2 и 2.3 приведены предельно допустимые концентрации некоторых веществ в сточных водах, очищаемых на аэробных сооружениях (для адаптированной микрофлоры).

Таким образом, сточные воды, поступающие на сооружения биологической очистки, не должны иметь концентрацию водородных ионов (рН) ниже 6,5 и выше 9; температуру выше 40<sup>0</sup> С; ХПК выше БПК более чем в 2,5 раза. Должны отсутствовать концентрированные растворы, залповые сбросы предприятий, строительный и бытовой мусор, отходы и т. п., а также концентрации вредных веществ в стоках, превышающие границы норм.

Таблица 2.2. Допустимые концентрации вредных веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку

Вещества	Допустимые концентрации в сточных водах, мг/л	Степень удаления при биоочистке, %
Нефть и нефтепродукты	25	85
СПАВ	20	80
Фенол	15	95

Ксилол	1	60
Ацетон	40	95

Таблица 2.3. Допустимые концентрации токсических загрязнений в сточных водах, поступающих на биологическую очистку

Вещество	Концентрация мг/л при очистке	
	в аэротенке	в биофильтре
Бензол	100	– вещество не должно присутствовать
Толуол	200	–
Хлорбензол	10	–
Тринитротолуол	12	–
Спирты: метиловый	–	700
бутиловый	–	420
Глицерин	500	–
Уксусно-этиловый эфир	-	500
Формальдегид	1000	300
Кротоновый альдегид	600	250
Ацетальдегид	750	–
Ацетон	750	–
Кислоты: стеариновая	–	300
масляная	–	500
бензойная	–	150
Анилин	250	–
Фенол	1000	–
Резорцин	500	–
Гидрохинон	15	–
Пирокатехин	100	–
Некаль	100	–
Нефтепродукты	50	-

#### 2.1.4. Охрана водного бассейна

Мероприятия по защите водных ресурсов от загрязнения определяются нормами охраны вод, т. е. установленными значениями показателей, содержание которых обеспечивает экологическое благополучие водных объектов и необходимые условия для охраны здоровья населения, культурно-бытового водопользования (ГОСТ 17.1.1.01 - 77).

Система мер по охране вод включает:

1. нормирование качества воды в водном объекте;

2. регламентацию сброса нормированных веществ в водоемы с возвратными водами;
3. регламентацию различных видов деятельности, влияющих на состояние вод;
4. организационно-технические мероприятия, связанные с рационализацией водопользования, экспертизой объектов, контролем состава и свойств воды, эффективностью работы очистных сооружений и т. д.

Таким образом, *меры борьбы* с загрязнением могут быть следующие:

- совершенствование технологических процессов, позволяющих уменьшить потребление воды;
- переход на бессточные системы водоснабжения, повторное ее использование;
- строительство эффективных очистных сооружений;
- оборудование судов нефтеловушками;
- сбор нефти в районах аварий;
- соблюдение технологий при сплаве леса;
- очистка рек от затонувшей древесины;
- осуществить контроль за сбросами животноводческих комплексов в реки и озера;
- не допускать хранения удобрений в открытом виде и других нарушений.

Кроме того, необходима строжайшая экономия каждым человеком этого драгоценного сырья.

Основные требования к водопотребителям определены действующим законодательством и «Правилами охраны поверхностных вод (Типовые положения)» (1991); «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» (1989) и другими нормативными документами.

#### *Методы очистки воды.*

Загрязненная вода способна к *естественному* самоочищению при разбавлении ее в 50...60 раз: органические вещества минерализуются, микроорганизмы отмирают (через сутки их остается – 50%, через пять – 0,5%). Но, к сожалению, объемы загрязненной воды, сбрасываемой в водоемы, зачастую большие, чем река или озеро может очистить, а также, могут содержаться токсичные вещества. Поэтому применяют *искусственные* методы очистки воды.

Использование современных методов очистки сточных вод позволяет устранить 80-95% загрязнения.

1. *Гидромеханическая* – используются решетки, сита, жироседелки и нефтесепараторы, отстойники, с помощью которых удаляют от 60% до 95% нерастворенных примесей.
2. *Химическая* – добавление химических реагентов, способствующих выпадению веществ в осадок и, впоследствии, удаление этого осадка.
3. *Биологическая* – минерализация органических загрязнителей при помощи аэробных биохимических процессов:

а) очистка в *естественных* условиях: на специально подготовленных участках земли – полях орошения или полях фильтрации – вода проходит через слой почвы 1,5...2,0 м и фильтруется. Адсорбирующая способность почвы настолько велика, что обычная задержка микроорганизмов на полях орошения составляет 99,8% от общего числа микроорганизмов, поступающих со сточными водами. Либо используют пруды в 4-5 уровнях (идут процессы самоочищения водоемов);

б) очистка в *искусственных* условиях происходит в специальных сооружениях – аэротенках либо в биофильтрах.

Имеется много видов и конструкций *аэротенков*, но все они построены по одному принципу: смесь воды и активного ила медленно движется по прямоугольным вытянутой формы резервуарам (секциям) аэротенка и непрерывно насыщается воздухом, подаваемым в воду через фильтры, уложенные на дно резервуара вдоль его продольной стенки, или другим способом. Пузырьки воздуха, поднимаясь, перемешивают активный ил со сточными водами и не дают хлопьям оседать на дно аэротенка. Внешне это выглядит так, как будто вода кипит. Такое перемешивание обеспечивает интенсивный процесс окисления загрязнителей сточных вод.

В *биофильтрах* сточная вода фильтруется через слой крупнозернистого материала, поверхность которого покрыта пленкой микроорганизмов. Они окисляют органические вещества, используя их для удовлетворения физиологических нужд. Таким образом, из сточной воды удаляются органические соединения, а масса активной биопленки увеличивается. Отработанная биопленка смывается протекающей сточной водой и выносится из биофильтра.

На практике используют два метода биологической очистки сточных вод – аэробный и анаэробный. *Аэробная биологическая очистка* промышленных

сточных вод является основным методом во многих отраслях промышленности.

## 2.2. Задание

Оценить возможность очистки сточных вод сельскохозяйственного предприятия биологическим способом, если в пробе содержатся следующие вещества: таблица 2.4.(Исходные данные).

Какой способ биологической очистки вы предложите? Ответ обосновать.

Таблица 2.4. Исходные данные

Вещество (мг/м <sup>3</sup> )	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
1. Толуол	300					
2. Бензол		78				
3. Хлорбензол			20			5
4. Тринитротолуол		7				
5. Спирт: метилловый				600	500	
..... бутиловый				300		
6. Глицерин		150				
7. Уксусно-этиловый эфир	750			450	480	
8. Формальдегид		862	1350		150	
9. Кротоновый альдегид		475		230	200	
10. Ацетальдегид						400
11. Ацетон	800					230
12. Кислоты: стеариновая			300		150	
..... масляная	500			420		
..... бензойная				130	100	
13. Анилин		200				170
14. Фенол	1250		1150			
15. Резорцин						
16. Гидрохинон			15			7
17. Пирокатехин		38				
18. Некаль			153			98
19. Нефтепродукты	100					39

Продолжение таблицы 2.4.



Вещество (мг/м <sup>3</sup> )	№ варианта					
	7	8	9	10	11	12
1. Толуол		378	100			
2. Бензол		780	92		500	
3. Хлорбензол						
4. Тринитротолуол						
5. Спирт: метилловый	240			480		
----- бутиловый	110	420			420	
6. Глицерин			420			215
7. Уксусно-этиловый эфир	302			100		
8. Формальдегид	78	1700	500	50		
9. Кротоновый альдегид	230			100		400
10. Ацетальдегид						730
11. Ацетон		1000				
12. Кислоты: стеариновая				220		
----- масляная				310		
----- бензойная	40			50		
13. Анилин			100		250	138
14. Фенол		2500				500
15. Резорцин						
16. Гидрохинон					90	10
17. Пирокатехин		100	74		180	
18. Некаль				16		
19. Нефтепродукты			30		200	

### 2.3. Контрольные вопросы

1. Каково значение воды в жизнедеятельности биосферы?
2. Какое значение имеет вода в жизнедеятельности человека?
3. Назовите причины появления проблемы водоснабжения.
4. Перечислите основные источники загрязнения воды.
5. Какими могут быть последствия загрязнения воды?
6. Перечислите общие показатели загрязненности сточных вод.
7. Что такое ХПК и БПК? Какие виды БПК вы знаете?
8. Назовите методы очистки воды.
9. В чем заключается охрана водного бассейна?

### **Рекомендуемая литература**

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие – Мн.: Вышэйшая шк., 2001. – 343 с.
2. Маврищев В.В. Основы общей экологии: Учеб. пособие – Мн.: Вышэйшая шк., 2000. – 317 с.
3. Правила охраны поверхностных вод (Типовые положения). – М.: Госкомитет СССР по охране природы, 1991. – 38 с.
4. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 464 с.
5. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: МЗ СССР, 1988. – 180 с.
5. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Вып. 8. – Мн.: МПРиООС РБ, 1994. – 155 с.
6. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды. Вып. 9. – Мн.: МПРиООС РБ, 1994. – 163 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Экологическое совершенствование мелиоративной системы инженерными методами

**Цель работы:** получить общее представление о типовых природоохранных инженерных сооружениях и мероприятиях в составе проекта мелиоративной системы

#### 3.1. Общие положения

Техническое и экологическое совершенствование мелиоративных систем заключается в реализации экологически оправданного набора технических, лесоустроительных и агротехнических природоохранных мероприятий.

Типовая инженерная схема, как правило, разрешает одну какую-либо задачу природоохранного характера и может быть повторена многократно в различных проектах. Поэтому схемы инженерных мероприятий по охране компонентов природной среды могут быть типовыми.

Типовые схемы должны обладать следующими основными качествами:

- иметь положительную природоохранную основу, т. е. не допускать снижения УГВ на прилегающих территориях и загрязнения поверхностных и грунтовых вод сточными и дренажными водами, исключать ветровую эрозию, создавать условия для поселения полезных животных и птиц, не допускать ускорения минерализации торфяной почвы и т. д.;
- быть достаточно простыми в конструктивном и техническом наполнении, т. е. природоохранное мероприятие не должно обладать свойствами уникальности, связанными с какими-либо определенными условиями;
- стоимость инженерных схем и агротехнических мероприятий должна быть минимальной;
- не допускать взаимоисключающего влияния одного мероприятия по отношению к другому;
- иметь малую энергоемкость;
- возможность использования местных материалов;
- не должны ухудшать сельскохозяйственное использование мелиорированных земель.

Каждая типовая схема, если она простая, содержит в себе один основной природоохранный эффект, хотя не исключает и дополнительных. Но если

появляются иные эффекты, она, как правило, не является простой. Ценность типовой схемы в ее простоте, т. е. в возможности применения в любых проектах.

### 3.2. Пример расчета

В качестве примера рассмотрим проект переустройства мелиоративной системы, где предусмотрена реконструкция закрытого дренажа (рисунок 3.1).

Чтобы исключить сброс дренажных вод в реку, введен водооборот в пределах поля. Достигнуто это строительством колодцев-накопителей и коллекторов-накопителей с периодическим забором из них воды на орошение. Орошение в этой системе не является регулярным (без соблюдения сроков и норм полива), однако оно играет важную роль, рассредоточивая дренажную воду по площади. Главная цель водооборота в пределах поля здесь достигается тем, что качество воды (общее содержание химических элементов) в

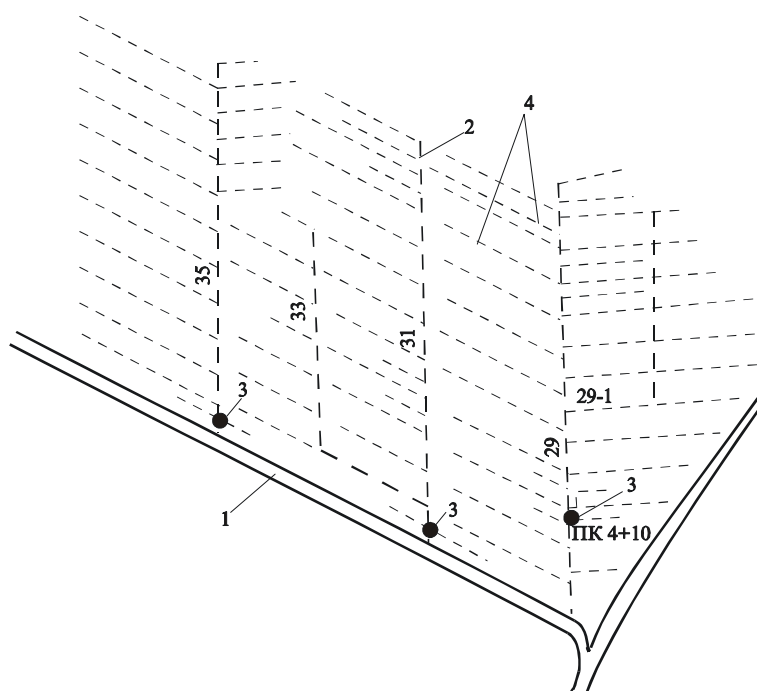


Рисунок 3.1. План мелиоративных мероприятий с сооружениями для водооборота в пределах поля: 1 – открытые каналы проводящей сети;

2 – закрытые коллекторы; 3 – – колодцы-накопители из железобетонных труб; 4 – гончарный дренаж.

Колодец-накопитель из железобетонных труб (рисунок 3.2.) устанавливается на коллекторах вблизи их устьев. Глубина вертикального колодца – 1,85 м, диаметр колец – 1,5 м. Предусмотрены два луча (траншеи) длиной по 50 м, в которые укладываются трубы диаметром – 1,2 м. Общий объем воды в

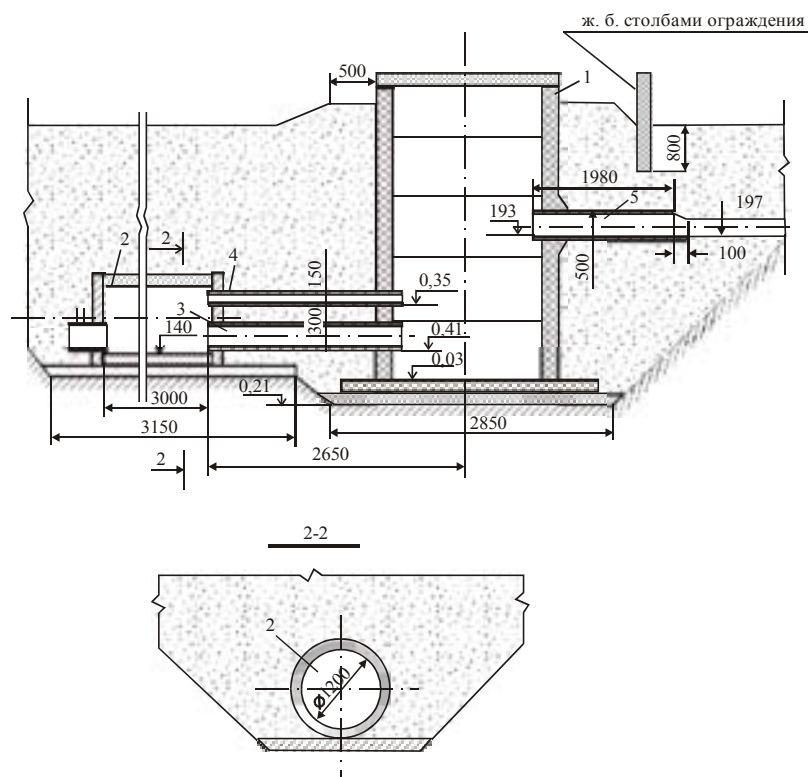


Рисунок 3.2. Колодец-накопитель из железобетонных труб: 1 – вертикальный колодец из железобетонных колец; 2 – горизонтальные трубы в лучах-траншеях; 3 – соединительная труба; 4 – воздуховыпускная труба; 5 – коллектор.

Если принять расчетный модуль дренажного стока летнего бытового периода равным 0,02 л/с-га при площади обслуживания колодца 7,47 га, то время его наполнения составит:

$$t_1 = \frac{W_k \cdot 10^3}{q \cdot F \cdot 86400} = \frac{116,6 \cdot 10^3}{0,02 \cdot 7,47 \cdot 86400} = 9 \text{ сут},$$

где  $W_k$  – объем колодца, м<sup>3</sup>;  $10^3$  – переводной коэффициент;  $q$  – модуль дренажного стока летнего бытового периода, л/с·га;  $F$  – площадь обслуживания колодцем, га; 86400 – количество секунд в сутках.

Вода в колодец-накопитель поступает по коллекторам № 31, 33 и заполняет его до отметки трубы отводящего коллектора. В это время колодец необходимо опорожнить, чтобы не произошел самотечный сброс дренажного стока в канал. (В период затяжных дождей разбавленный дренажный сток сбрасывается в канал самотеком.) Опорожняется колодец дождевальной машиной ДДН-70 с расходом 65 л/с. Весь объем воды машина забирает на орошение прилегающей площади за время

$$t_1' = \frac{W_k \cdot 10^3}{Q \cdot 60} = \frac{116,6 \cdot 10^3}{65 \cdot 60} = 29,9 \text{ мин},$$

где  $Q$  – расход дождевальной машины, л/с.

Дождевальная машина работает с вращением сопла по сектору, так как колодец расположен вблизи канала. После того как колодец опорожнится, объем и скорость его заполнения будет зависеть от величин гидрографа дренажного стока, что и определит периодичность наполнения и опорожнения колодца-накопителя.

На коллекторе № 29 использован колодец-накопитель, выполненный из гончарных труб в пористой (щебеночной) засыпке (рисунок 3.3)

В четырех лучах трапецидальной выемки грунта (ниже отметки заложения коллектора) укладываются в два яруса гончарные трубы. Они играют роль не только емкостей для дренажного стока, но и ускорителей водоотдачи щебня. После заполнения колодца до низа отводящей трубы коллектора его следует опорожнить. На три колодца-накопителя и на три колодца отбора воды из коллекторов-накопителей дренажного стока запроектирована одна ДДН-70.

следующих размерах: диаметр колец вертикального колодца  $D_g=1,5$  м; диаметр гончарных трубок  $d=0,20$  м; пористость щебеночной засыпки  $P=40$  %; количество лучей  $n_1=4$ ; длина одного луча-накопителя  $L=30$  м; глубина вертикального колодца  $h_k=3,81$  м; глубина лучей-накопителей  $h=2,67$  м; высота пористой засыпки  $h_1=0,8$  м; число слоев засыпки  $n_2=2$ ; количество труб в засыпке  $n_3=8$ ; глубина наполнения вертикального колодца  $H_1=1,33$  м;

сыпке  $n_3=8$ ; глубина наполнения вертикального колодца  $H_1=1,33$  м; ширина пористой засыпки по низу  $b=1,3$  м; по верху  $B=2,7$  м; объем воды в верти-

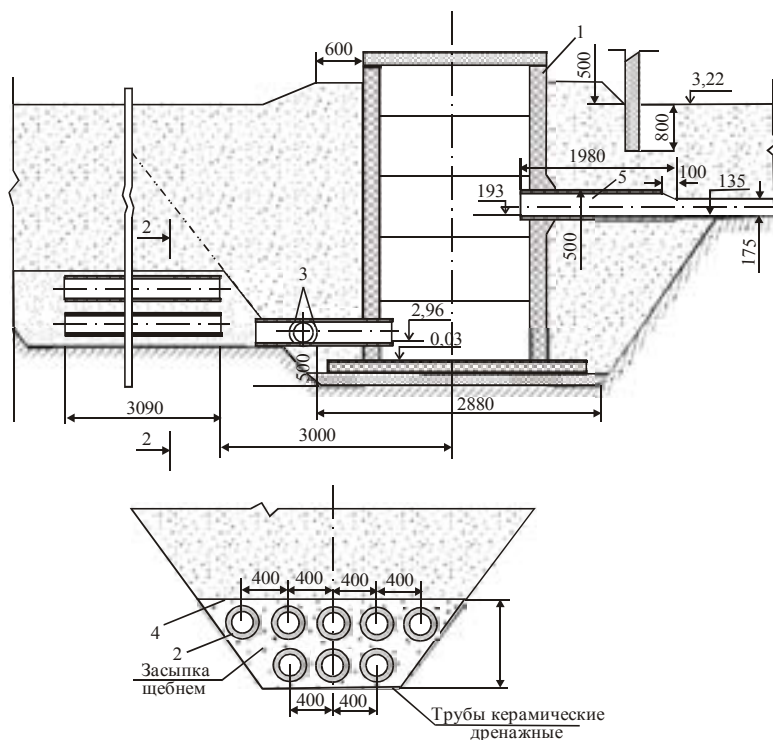


Рисунок 3.3. Колодец-накопитель из гончарных труб в щебеночной засыпке: 1 – вертикальный колодец из железобетонных колец; 2 – горизонтальные накопители воды из гончарных трубок в щебеночной засыпке; 3 – соединительные трубы; 4 – стеклохолст поверх щебеночной засыпки; 5 – коллектор.

Общая длина гончарных труб-накопителей в траншее

$$l_{mn} = n_1 \cdot n_3 \cdot L = 4 \cdot 8 \cdot 30 = 960 \text{ м.}$$

Площадь поперечного сечения  $\omega_{mn}$  и объем воды в трубах накопителя  $W_{mn}$  равны:

$$\omega_{mn} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2;$$

$$W_{ny} = \omega_{mn} \cdot l_{mn} = 0,0314 \cdot 96 = 3,014$$

Площадь поперечного сечения заполнителя

$$\omega_3 = \frac{B+b}{2} \cdot h_1 = \frac{1,3+0,7}{2} \cdot 0,8 = 1,60 \text{ м}^2.$$

Объем пор заполнителя  $W_3$  за вычетом суммарной площади попереч-

$$\omega_{31} = \omega_3 - n_3 \cdot \frac{\pi \cdot 0,246^2}{4} = 1,6 - 8 \cdot 0,0475 = 1,22 \text{ м}^2;$$

$$W_3 = \omega_{31} \cdot Lpn_1 = 1,22 \cdot 30 \cdot 0,4 \cdot 4 = 58,96 \text{ м}^3.$$

Общий объем воды в лучах-накопителях и вертикальном колодце

$$W = W_{кл} + W_{лн} + W_3 = 2,35 + 30,14 + 58,96 = 91,05 \text{ м}^3.$$

Площадь, обслуживаемая коллектором № 29, равна 11,51 га, время на-

$$t_3 = \frac{W \cdot 10^3}{q \cdot F \cdot 86400} = \frac{91,05 \cdot 10^3}{0,02 \cdot 11,51 \cdot 86,4 \cdot 10^3} = 4,6 \text{ сут},$$

время опорожнения

$$t'_3 = \frac{W \cdot 10^3}{Q \cdot 60} = \frac{91,45 \cdot 10^3}{65 \cdot 60} = 23,3 \text{ мин.}$$

### 3.3. Задание

Для коллекторов 31, 35 и 29 рассчитать время наполнения колодцев-накопителей и время опорожнения их дождевальными машинами.

Таблица 3.1. Исходные данные

Исходные показания	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
$q$ , л/с·га	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04
$F$ , га	8,56	9,05	7,47	8,47	6,51	7,65
диаметр труб, м	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0
длина лучей, м	50	60	70	55	65	70
$n_1$ , шт	2	4	5	3	6	3
$L$ , м	30	25	35	40	45	25
Высота пористой засыпки, м	0,80	0,75	0,70	0,85	6,80	0,65
$n_2$ , шт	2	1	3	3	2	3
$n_3$ , шт	8	3	15	15	8	15
$H_l$ , м	1,35	1,20	1,25	1,30	1,36	1,40



<i>b</i> , м	1,30	1,30	1,40	1,35	1,25	1,20
<i>B</i> , м	2,70	2,70	2,80	2,75	2,65	2,60

Продолжение таблицы 1.1.

Исходные показания	№ варианта					
	7	8	9	10	11	12
<i>q</i> , л/с·га	0,03	0,02	0,01	0,05	0,03	0,04
<i>F</i> , га	6,93	9,15	9,35	8,25	7,47	6,95
диаметр труб, м	1,4	1,4	1,2	1,4	1,2	1,2
длина лучей, м	75	55	60	65	70	75
<i>n</i> <sub>1</sub> , шт	5	4	2	6	4	5
<i>L</i> , м	30	35	40	45	25	40
Высота пористой засыпки, м	0,70	0,75	0,90	0,95	0,88	0,85
<i>n</i> <sub>2</sub> , шт	2	1	2	3	2	2
<i>n</i> <sub>3</sub> , шт	8	3	8	15	8	8
<i>H</i> <sub>1</sub> , м	1,35	1,41	1,32	1,33	1,35	1,36
<i>b</i> , м	1,40	1,30	1,35	1,25	1,20	1,40
<i>B</i> , м	2,80	2,70	2,75	2,65	2,60	2,80

### 3.4. Контрольные вопросы

1. Какая мелиоративная система является технически и экологически совершенной?
2. Какими основными качествами должны обладать типовые схемы?
3. Нарисовать принципиальную схему колодца-накопителя.

#### Рекомендуемая литература

1. Минаев И.В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. – Мн: Ураджай, 1986. – 151 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Составление кадастра народнохозяйственного использования болот

**Цель работы:** изучить методику составления кадастра народнохозяйственного использования болот

#### 4.1. Общие сведения

*Кадастр* - систематизированный свод данных, включающий качественную и количественную опись объектов или явлений, в ряде случаев с их экономической (эколого-социально-экономической) оценкой. Содержит физико-географическую характеристику объектов, их классификацию, данные об их динамике и степени исследованности с приложением картографических и статистических материалов. Может включать рекомендации по использованию объектов или явлений, мерам их охраны и другие данные.

Республика Беларусь относится к наиболее увлажненной части Восточной Европы – 2,5 млн га ее территории (более 12 %) занимают болота.

*Болото* - природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью. Образуется в связи с избытком атмосферных осадков или выходом на поверхность грунтовых вод, что обуславливает *заболачивание* – процесс, характеризующийся накоплением в почве органических веществ (торфа) и оглеением минеральной части почвы. Протекает преимущественно в условиях анаэробноз, в связи с чем интенсивность окислительных процессов ослаблена, минерализация органического вещества до конца не происходит, на поверхности почвы образуется и накапливается торф, физико-химические свойства которого содействуют дальнейшему усилению заболачивания. Характеристика болот приведена в таблице 4.1.

В зависимости от условий водного питания и характера растительности все болота делят на 3 типа: низинные, переходные, верховые.

*Низинные болота* формируются в понижениях рельефа на водораздельных территориях, в понижениях речных долин, на террасах.

Часто образуются при зарастании озер и стариц. Имеют плоскую или вогнутую поверхность. Чаще всего низинные болота увлажняются минерали-

зованными водами, в основном жесткими. Наиболее распространенная мощность торфа 0,8...1,5 м, максимальная – 10,5 м. Представляют наибольший интерес для использования в сельском хозяйстве.

Таблица 4.1. Характеристика болот

№№ болот	Площадь болот, тыс. га	Превышение стока, %	Степень разложения торфа, %	Промышленные запасы торфа, млн. т	Ягодники, га	Зольность торфа, %	Разность максимальной и фактической зольности, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	80	20	15	20	15	5
2	10	72	21	16	10	10	10
3	15	76	19	17	10	5	15
4	20	60	17	18	4	18	20
5	25	54	15	19	30	16	25
6	30	-4	13	20	15	14	30
7	25	44	11	12	10	12	32
8	20	24	9	10	40	10	34
9	15	-12	7	8	10	8	36
10	10	10	40	6	11	15	38
11	5	15	10	4	12	5	40
12	10	20	20	13	13	50	42

Продолжение таблицы 4.1.

№№ болот	Разность максимальной и фактической степени разложения торфа, %	Кислотность, pH	Азот, мг/100 г	Фосфор, мг/100 г	Лекарственные растения, шт/га	Животные, шт	
						ценные	занесенные в Красную книгу
1	9	10	11	12	13	14	15
1	10	3	2,5	11	2000	10	-
2	12	4	20	10	3000	10	-
3	14	5	19	9	1000	10	-
4	16	6	18	8	100	12	-
5	18	5,5	17	7	400	15	-
6	20	5	16	6	1600	20	-
7	21	4,5	15	5	1000	20	-
8	19	4	14	4	3000	13	-
9	17	3	13	3	500	11	-
10	15	5	15	8	600	5	-
11	13	4	10	30	700	4	-

12	11	3	5	7	800	4	–
----	----	---	---	---	-----	---	---

*Переходные болота* формируются в условиях, при которых поверхность, в связи с естественным ростом торфяного месторождения, поднимается выше уровня обводняющих грунтовых вод и минеральное питание их ухудшается. В процессе эволюции они переходят в верховые болота. В сельскохозяйственном производстве используются ограниченно, только те, у которых степень разложения торфа составляет 30...35 % и более.

*Верховые болота* образуются обычно на водораздельных территориях в условиях увлажнения атмосферными осадками. Имеют выпуклую поверхность. В сельскохозяйственном производстве не используются. Имеют природоохранное значение, особенно в верховьях малых рек.

Интенсивное сельскохозяйственное и промышленное освоение болот создает опасность потери болотных экосистем с ценными *эндемичными* (вид, обитающий только в данном регионе и не живущий в других: эндемик острова, озера, вершины горы, континента), редкими и исчезающими представителями флоры и фауны. Поэтому оценка значимости болот для хозяйства страны при организации их эксплуатации имеет первоочередное значение.

По результатам обследования или изысканий выделяют следующие *фонды болот*:

– *заповедный*, содержащий растения и животные, занесенные в Красную книгу; являющийся местом отдыха и кормления перелетных птиц и мигрирующих животных; включенный в прибрежные водоохранные зоны и полосы; имеющий особое научное и познавательное значение; перспективный для восстановления численности редких, исчезающих, эндемичных и ценных промысловых видов растений и животных;

– *природоохранный*, состоящий из болот, сгруппированных по водоохранному и экологическому признакам (таблица 4.2). В качестве водоохранного показателя принимается относительное (%) увеличение модуля стока (количество воды, стекающее в определенную фазу стока с единицы площади водосбора в единицу времени) с болотного водосбора в меженный период по отношению к основному водоприемнику. В качестве экологического признака принято количество ценных представителей флоры и фауны на болоте;

– *промышленный*, состоящий из болот, сгруппированных по промышленным запасам торфа, разности максимальной и фактической зольности торфа, разности максимальной и фактической степени разложения торфа (таблица 4.3);

– мелиоративный, состоящий из болот, сгруппированных по степени разложения и зольности торфа, наличию легкогидролизуемого азота, запасов фосфора, показателю рН (таблица 4.4).

Таблица 4.2. Пример оценки природоохранного значения болот

№№ болот	Водоохранная оценка			Экологическая оценка					
	превышение стока, мм	коэффициент пересчета, $K$	баллы, $B_{BO}$	ягодники			лекарственные растения		
				показатель, га	коэффициент пересчета, $K$	баллы, $B$	показатель, шт.	коэффициент пересчета, $K$	баллы, $B$
1*	80	0,71	57	20	2,5	50	2000	0,018	36
2	72		51	10		25	3000		54
9	-12		-8	10		25	500		10
$\sum П^{**}$	140		100	40		100	5500		100

Продолжение таблицы 4.2.

№№ болот	Экологическая оценка ценные животные			Сумма баллов экологических рядов	Средний экологический показатель, $B_{СЭ}$	Сумма баллов обшая	Средний природоохранный показатель, $B_{ПО}$	Ранжированный ряд показателя
	показатель, шт.	коэф. пересчета, $K$	баллы, $B$					
1*	10	3,22	32,2	118,2	39,4	96,4	48,2	48,2
2	10		32,2	111,2	37,1	88,1	44,1	44,1
9	11		35,6	70,6	23,5	15,5	7,7	7,7
$\sum П^{**}$	31		100	300	100	200	100	100

Примечания: \* – болото № 1 выделяется в природоохранный фонд;  
\*\*  $\sum П$  – сумма показателей.

Таблица 4.3. Пример оценки промышленного значения болот

№№ болот	Промышленные запасы торфа			Разность максимальной и фактической зольности		
	показатель, млн т	коэффициент пересчета, $K$	баллы, $B$	показатель, %	коэффициент пересчета, $K$	баллы, $B$
16	4	2,17	9	10	1,33	13

17*	30		65	50		67
18	12		26	15		20
$\Sigma\Pi^{**}$	46		100	75		100

Продолжение таблицы 4.3.

№№ болот	Разность максимальной и фактической степени разложения торфа			Сумма баллов	Средний балловый показатель	Ранжированный ряд	№№ болот
	показатель, %	коэффициент пересчета, К	баллы, Б				
16	20	1,47	29	51	17	48	17
17*	8		12	144	48	35	18
18	40		59	105	35	17	16
$\Sigma\Pi^{**}$	68		100	300	100	100	

Примечания: \* – болото № 17 выделяется в промышленный фонд;  
\*\* –  $\Sigma\Pi$  – сумма показателей.

Таблица 4.4. Пример оценки промышленного значения болот

№ № болот	Степень разложения торфа			Зольность торфа			Кислотность		
	показатель, %	коэффициент пересчета, К	баллы, Б	показатель, %	коэффициент пересчета, К	баллы, Б	показатель, рН	коэффициент пересчета, К	баллы, Б
10	40	0,91	36	15	2,5	37	5	6,67	33
11	10		9	5		13	4		27
15*	60		55	20		50	6		40
$\Sigma\Pi^{**}$	110		100	40		100	15		100

Продолжение таблицы 4.4.

№ № болот	Легкогидролизуемый азот			Фосфор			сумма баллов	средний балловый показатель	ранжированный ряд показателей	№№ болот
	показатель, мг/100 г	коэффициент пересчета, К	баллы, Б	Показатель, мг/100 г	коэффициент пересчета, К	баллы, Б				
10	15	1,82	27	8	2,08	17	150	30,0	44,2	15
11	10		18	30		62	129	25,8	30,0	10
15*	30		55	10		21	221	44,2	25,8	11
$\Sigma\Pi^{**}$	55		100	48		100	500	100	100	

Примечания: \* – болото № 15 выделяется в мелиоративный фонд;  
\*\* – показатель  $мг/100 г$  относится к торфу.

#### 4.2. Определение баллового показателя

Разнозначность показателей ( $\Pi$ ), по которым группируются болота, требует пересчета их абсолютных значений в относительные балловые.

Для этого выбирают балловое число (например 100), делят его на суммарное значение показателей по каждому ряду болот и получают коэффициент пересчета ( $K$ ):

$$K = 100 / \sum \Pi . \quad (4.1)$$

Затем находят относительные показатели – баллы ( $B$ ).

Сумму показателей экологических рядов  $\sum \Pi$  по каждому болоту делят на количество рядов и получают средний ( $B_{CP.Э}$ ) балловый показатель экологического значения болота ( $B_{CP.Э}$ ):

$$B_{CP.Э} = \frac{\sum^n \Pi}{n} , \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество экологических признаков.

Принимая водоохранное и экологическое значение болот в народном хозяйстве страны равным, делят сумму показателей пополам и находят средний природоохранный балловый показатель ( $B_{П.С.}$ ):

$$B_{П.С.} = (B_{B.O.} + B_{CP.Э}) / 2 , \quad (4.3)$$

где  $B_{B.O.}$  – балл водоохранной оценки.

Для удобства пользования ранжируют полученные показатели по болотам, например, в порядке их убывания. После чего наиболее ценные болота (сверху вниз) в количестве 20...30 % от их общей площади отбирают в природоохранный фонд. Оставшиеся болота оцениваются по их промышленному и сельскохозяйственному значению. Принцип оценки тот же, только иными являются критерии. При этом общее количество осушаемых болот не должно превышать предельно допустимой площади осушения, определяемой отрицательным влиянием дренажного стока на водоприемник (ПДС дренажных вод).

### 4.3. Задание

Определить балловый показатель и оценить значимость болот при организации их эксплуатации. Характеристика болот приведена в таблице 4.1.

Лабораторная работа выполняется по одному из приведенных ниже вариантов (таблица 4.5).

Таблица 4.5. Исходные данные для выполнения работы

Варианты	№№ болот								
	1	2	3	10	11	12	16	17	18
1	1	2	3	10	11	12	16	17	18
2	4	5	6	13	14	15	19	20	21
3	7	8	9	10	11	12	16	17	18
4	2	3	4	11	12	13	17	18	19
5	5	6	7	14	15	10	20	21	22
6	8	9	1	11	12	13	16	17	18
7	3	4	5	12	13	14	17	18	19
8	6	7	8	13	14	15	18	19	20
9	9	1	2	10	14	15	21	22	16
10	4	5	6	14	15	16	16	18	20
11	2	4	6	10	12	14	20	22	12
12	1	3	5	11	13	15	17	1	21

### 4.4. Контрольные вопросы

1. Что такое кадастр?
2. Назвать типы болот.
3. Назвать фонды болот.
4. По каким показателям оценивается мелиоративное значение болот?
5. Что такое «балловый показатель»?

#### Рекомендуемая литература

1. Мелиорация. Энциклопедический справочник. Под общ. ред. А.И. Мурашко, – Мн.: Белорус. Сов. Энцикл., 1984. – 567 с.
2. Составление кадастра народнохозяйственного использования болот. – Свердловск: УралНИИВХ, 1983. – 7 с.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Особенности ведения сельского хозяйства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов

**Цель работы:** расширить знания о мероприятиях и путях снижения поступления и накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, общих принципах организации сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения территорий

#### 5.1. Общие сведения

##### 5.1.1. Основы сельскохозяйственной радиологии

*Сельскохозяйственная радиология* – раздел сельскохозяйственной экологии, изучающий закономерности миграции радионуклидов в агропромышленной сфере и действия ионизирующих излучений на сельскохозяйственные растения и животных, а также на агроэкосистемы в целом. В практическом плане сельскохозяйственная радиология разрабатывает принципы ведения сельского хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях и комплекс защитных мероприятий, обеспечивающих производство сельскохозяйственной продукции, отвечающей радиологическим стандартам.

Попадая в окружающую человека среду, радиоактивные вещества становятся источником его внешнего облучения, а потребление радионуклидсодержащих сельскохозяйственных продуктов приводит к формированию источника внутреннего облучения человека из-за накопления радиоактивных веществ в его организме. О количестве радионуклидов в источнике судят по их активности, единицей которой является беккерель. В сельскохозяйственной радиологии широко используют также другую единицу этой величины – кюри ( $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ ). Присутствующие в сельскохозяйственной сфере радионуклиды разделяют на две категории – естественные и искусственные. К естественным относят составляющие компоненту природного радиационного фона радионуклиды с очень длительным периодом полураспада, содержащиеся в составе Земли как планеты с момента ее образования (калий-40, уран-238, торий-232, а также продукты их распада и некоторые другие). К числу наиболее важных в сельскохозяйственном отношении искусственных

радионуклидов относят продукты деления урана и плутония – стронций-90, йод-131, цезий-137 и другие.

Почва – один из основных компонентов в природе, в которых происходит локализация искусственных радионуклидов, сбрасываемых в окружающую среду вследствие техногенной деятельности человека. Поглощение почвой подавляющего большинства радионуклидов определяется процессами их распределения между двумя основными фазами – жидкой и твердой, и осуществляется, главным образом, благодаря процессам сорбции–десорбции радионуклидов, осаждения–растворения труднорастворимых соединений и коагуляции–пептизации коллоидов. Долгоживущие радионуклиды цезия-137 прочно фиксируются почвой, стронций-90 в основном закрепляется по типу ионного обмена.

Глубина проникновения радионуклидов зависит от типа почвы. Более высокая подвижность их на легких почвах, подстилаемых песками и обладающих малой емкостью поглощения и высокой водопроницаемостью. Биологическая активность радионуклидов снижается при увеличении содержания в почве органического вещества, физической глины, емкости поглощения, обменных катионов.

Сельскохозяйственные растения накапливают из почвы только водорастворимые и высокоподвижные изотопы, определяющие радиоактивную обстановку на загрязненных сельскохозяйственных угодьях. В настоящее время ими являются цезий-137 и стронций-90. Поведение цезия-137 и стронция-90 в системе почва–растение зависит от особенностей минерального питания, продолжительности вегетационного периода и биологических особенностей растений, вида и сорта сельскохозяйственных культур.

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от уровня и полноценности кормления животных, их возраста, физиологического состояния и других факторов. При этом стронций-90 накапливается преимущественно в скелете животных, цезий-137 – в мягких тканях и органах.

На загрязненной территории, с целью минимизации суммарных дозовых нагрузок на население, необходимо соблюдать нормативы их содержания, соответствующие РДУ-92 (таблица 5.1).

Таблица 5.1. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в основных пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ-92), *Бк/кг* или *Бк/л*

<i>Наименование продукта</i>	Цезий-137	Стронций-90
Вода питьевая	18,5	0,37
Молоко и молочные продукты	111	3,7
Мясо и мясные продукты	600	не норм.
Хлеб и хлебобулочные изделия	185	3,7
Картофель и корнеплоды	370	3,7
Зерно продовольственное	600	11
Сено	1480	259
Солома	370	185
Сенаж	720	111
Силос	296	55
Зеленая масса	185	37
Комбикорм, зернофураж	371	111

## 5.2. Сельскохозяйственное производство в условиях радиоактивного загрязнения территории

В результате аварии на ЧАЭС загрязненными оказались более 18 тыс. км<sup>2</sup> сельхозугодий (22%), из которых 2640 км<sup>2</sup> исключены из хозяйственного оборота. Радиоактивное загрязнение территории создало условия, при которых в течение длительного времени невозможна обычная эксплуатация земельных угодий. Радиоактивные элементы, попавшие в растения через почву, накапливаются в них и создают опасность для здоровья человека. В связи с этим, во всех хозяйствах, расположенных на загрязненных территориях, должны проводиться специальные мероприятия, которые способствовали бы снижению уровня радиоактивного загрязнения до пределов допустимого. К ним относятся: организационные, агрохимические и технологические приемы обработки продукции.

Организационные мероприятия включают:

1. *Инвентаризацию угодий по плотности загрязнения с выделением следующих зон:*

*1-я зона с плотностью загрязнения: цезием-137 – 1-5 Ки/км<sup>2</sup>;*

стронцием-90 – 0,3 Ки/км<sup>2</sup>.

2-я зона с плотностью загрязнения: цезием-137 – 5-15 Ки/км<sup>2</sup>;

стронцием-90 – 0,3-1 Ки/км<sup>2</sup>.

3-я зона с плотностью загрязнения: цезием-137 – 15-40 Ки/км<sup>2</sup>;

стронцием-90 – 1-3 Ки/км<sup>2</sup>.

## 2. Прогноз содержания радионуклидов в урожае и продукции животноводства.

Сельскохозяйственные растения накапливают радионуклиды в разных концентрациях. По убывающему количеству накапливаемого радиоцезия установлен следующий ряд: разнотравье естественных сенокосов и пастбищ, люпин, многолетние злаковые травы, клевер, рапс, горох, зеленая масса кукурузы, солома овса, кормовая свекла, солома и зеленая масса ржи, картофель, зерно овса, солома ячменя, зерно озимой ржи и ячменя. По убывающему содержанию стронция-90: клевер, горох, рожь, люпин, однолетние бобово-злаковые смеси, разнотравье сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, зеленая масса кукурузы и озимой ржи, свекла кормовая, ячмень, овес, картофель. Овощные культуры располагаются в следующем убывающем порядке: шавель, фасоль, бобы, редис, свекла столовая, морковь, картофель, чеснок, лук, томаты, огурцы, капуста.

К основным мероприятиям способствующим уменьшению содержания радионуклидов в продукции животноводства, относят:

- ограничение и прекращение выпаса скота и перевод его на столовое содержание;
- преобразование естественных сенокосов и пастбищ в искусственные;
- изменение режима кормления: исключение из рациона кормов, содержащих радионуклиды, обогащение рациона минеральными добавками (кальций, фосфор, калий, сера, магний);
- переработка молока в кисломолочные продукты (сметана, творог, сыр), сливки, масло;
- за 2-3 месяца до убоя скота проводить его откорм «чистыми» кормами. Рациональная кормовая база должна быть организована на основе использования кормов, получаемых с пахотных земель, и сведено к минимуму использование естественных некультурных выпасов и сенокосов. При невозможности проведения агрономелиоративных мероприятий на естественных лугах корма с этих угодий **должны использоваться** для молодняка и рабочего скота.

3. *Инвентаризацию угодий по прогнозу и возможности выращивания культур для различного использования* (продовольствия, кормов, семян, технической переработки).

По мере повышения плотности загрязнения почв радионуклидами усиливается насыщение севооборотов зерновыми культурами, картофелем, корнеплодами. Так, картофель, выращенный на легких и торфяно-болотных почвах с плотностью стронция-90 более  $0,3 \text{ Ки/км}^2$ , необходимо направлять на переработку, семенные и фуражные цели. Корнеплоды с почв, где плотность стронция-90 выше  $1 \text{ Ки/км}^2$  использовать при производстве молока как сырья, а также всех видов откорма скота на мясо. На загрязненных торфяно-болотных почвах возможен сев только злаковых травосмесей, а если получить чистый корм невозможно, целесообразно использовать посевы многолетних трав на семенные цели.

4. *Изменение землепользования и перепрофилирование хозяйств.*

Это производится в том случае, если плотность загрязнения цезием-137 –  $40 \text{ Ки/км}^2$  и более, стронцием-90 – более  $3 \text{ Ки/км}^2$  и при наличии в хозяйстве загрязненных пойменных почв, которые не могут быть улучшены и на которых невозможно получение кормов с содержанием радионуклидов в пределах РДУ-92.

Агротехнические и агрохимические мероприятия, которые направлены на повышение уровня плодородия почвы (известкование, применение органических и минеральных удобрений, подбор культур и сортов, система обработки почвы) при правильном их применении способны эффективно снизить загрязненность сельскохозяйственной продукции радионуклидами. Известкование почв снижает содержание стронция-90 и цезия-137 в растениях соответственно в 3...20 и 2...4 раза. Органические удобрения наибольший эффект дают при их применении на легких по механическому составу почвах. При внесении в почву навоза, торфа, перегноя, торфонавозного компоста содержание радионуклидов в растениях уменьшается в 2...3 раза. Фосфорные удобрения способствуют закреплению стронция-90 в почве за счет осаждения его с вносимыми фосфатами, калийные – повышают содержание калия в почвенном растворе, что уменьшает поступление цезия-137 в растениеводческую продукцию. Применение повышенных доз азотных удобрений, наоборот, способствует, кроме накопления нитратов, увеличению поступления радионуклидов в сельхозкультуры.

Поверхностная обработка почвы существенно влияет на уровень накопления и распределения радионуклидов. Кроме снижения радиационного загрязнения продукции растениеводства, она должна быть направлена на уменьшение эрозии почв. По этой причине обработка почвы должна осуществляться при разумном сочетании отвальной и безотвальной систем земледелия, направленных к постепенному перемещению радионуклидов из пахотного слоя в нижележащие горизонты за счет их механического перемешивания.

Таким образом, при выполнении задания необходимо учесть, что при ведении сельского хозяйства в каждой зоне существуют свои особенности:

В первой зоне – возделывание сельхозкультур необходимо вести по общепринятым технологиям лишь с некоторыми *ограничениями*:

- не рекомендуется проводить дождевание овощных и кормовых культур;
- выращивание овощных культур возможно только на минеральных почвах;
- ограничено промышленное овощеводство на торфяниках;
- производство молока ведется по общепринятой технологии.

Во второй зоне запрещается возделывание льна, зернобобовых, зеленого горошка, крестоцветных:

- торфяники разрешено использовать для выращивания многолетних трав на семена и корма;
- для получения молока возможно использование корма, полученного с пахотных земель;
- при откорме за 2-3 месяца до убоя скот переводят на «чистые» корма.

В третьей зоне запрещается возделывание льна, гречихи, зернобобовых, крестоцветных и овощных культур, многолетних зернобобовых трав и тимофеевки на корм скоту:

- возделывание картофеля возможно при плотности загрязнения до 20 Ки/км<sup>2</sup> при полной механизации;
- торфяники использовать для возделывания многолетних трав и культур сплошного сева на семена;
- кормовые корнеплоды выращивать при полной механизации работ;
- производство молока запрещается, откорм скота проводить согласно требованиям РДУ-92.

### 5.3. Задание

Изучить радиационную обстановку в сфере сельскохозяйственного производства на загрязненной радиоактивными веществами территории, используя карту радиационной обстановки в Беларуси (рисунок 5.1). В заданном районе оценить основные сельскохозяйственные культуры по уровню накопления радионуклидов и разработать мероприятия, обеспечивающие получение продукции растениеводства и животноводства в пределах РДУ-92 в зонах с различной плотностью загрязнения и записать в форме таблицы 5.2.

Таблица 5.2. Мероприятия для производства продукции растениеводства и животноводства в пределах РДУ-92

Плотность загрязнения территории	Тип почвы	С/х культуры, используемые в зоне	Мероприятия		
			Агрохимические	Агротехнические	Технолог. приемы обработки продукции
Цезий-137: 1...5 Ки/км <sup>2</sup> Стронций-90: 0,3 Ки/км <sup>2</sup>					
Цезий-137: 5...15 Ки/км <sup>2</sup> Стронций-90: 0,3...1,0 Ки/км <sup>2</sup>					
Цезий-137: 15...40 Ки/км <sup>2</sup> Стронций-90: 1,0...3,0 Ки/км <sup>2</sup>					

### 5.4. Контрольные вопросы

1. Радиационная обстановка в сфере сельскохозяйственного производства на территории Республики Беларусь.
2. Факторы, влияющие на миграцию радионуклидов в почве, растениях, животноводческой продукции.
3. Мероприятия, снижающие уровень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции.
4. Особенности ведения сельского хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения.

### Рекомендуемая литература

1. Бадьина В.М., Шиман А.С. Сельскохозяйственная экология. Учеб. пособие. – Мн.: БГЭУ, 2000.–64 с.

2. Шик А.С., Епифанов Ю.В., Кароза С.Э., Горустович Т.Л., Николайчук Л.В. Минимизация последствий воздействия радионуклидов при возделывании сельскохозяйственных культур. – Брест, 1996. – 55 с.





## Учебное издание

Составители: Волчек Александр Александрович  
Химин Павел Федорович  
Усачева Людмила Никифоровна  
Босак Виктор Николаевич

### *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

к проведению лабораторных работ по дисциплине  
«Основы сельскохозяйственной экологии и охраны природы»  
для студентов специальности 740501  
«Мелиорация и водное хозяйство»  
(Часть 1. Сельскохозяйственная экология)

**Ответственный за выпуск: Химин П.Ф.**

Редактор: Строкач Т.В.

Технический редактор: Никитчик А.Д.

Корректор: Никитчук Е.В.

---

Подписано к печати 10.06.2002 г. Бумага «Чайка». Формат 60x84/16 Усл. п.  
л. 2,79. Уч. изд. л. 3,0. Тираж 120 экз. Заказ № . Отпечатано на ризографе  
Учреждения образования «Брестский государственный технический  
университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.