

**Лабораторная работа 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ
БИОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРИРОДНО-АГРАРНЫХ
СИСТЕМАХ**

В результате хозяйственной деятельности человека с водосборных площадей рек, озер, водохранилищ в водные системы поступают биогенные вещества (БВ). Под их воздействием происходит усиленное развитие высших водных растений, прибрежных зарослей, водорослей. При разложении биомассы в анаэробных условиях в среде образуются сероводород, аммиак, метан, нарушаются окислительно-восстановительные процессы и возникает недостаток кислорода. Это приводит к гибели жизни в реке или водоеме. Вода становится непригодной не только для питья, но и для купания.

Повышение биогенной продуктивности водных систем в результате обогащения их питательными веществами называется *эвтрофированием* водоемов.

Переход сельского хозяйства на интенсивное возделывание сельскохозяйственных культур и промышленное выращивание животных увеличило приток *соединений азота, фосфора и калия (БВ)* в окружающую среду, в том числе и в водные объекты.

Значительная доля БВ поступает при использовании минеральных и органических удобрений. Потери минеральных удобрений отмечаются на всех этапах технологической цепи: при выгрузке в хранилище, погрузке на транспорт для перевозки на поле и в средства внесения, при внесении в почву.

Размер потерь удобрений зависит от природных и антропогенных факторов. К *природным факторам* относятся климатические условия (количество выпадающих атмосферных осадков, скорость ветра, интенсивность снеготаяния), геоморфологические и гидротехнические особенности территории (рельеф, крутизна склонов); к *антропогенным* – сроки и способы хранения удобрений, условия их транспортировки на поля, дозы внесения питательных веществ в почву, контурность и площадь сельскохозяйственных угодий.

Помимо сельхозугодий источником загрязнения водоемов биогенными веществами являются и животноводческие объекты. В водные системы поступают очищенные сточные воды из животноводческих комплексов. Большое количество веществ поступает в результате смыва поверхностным и внутрипочвенным стоком с участков, где хранится навоз, с полей фильтрации жидких фракций отходов, с пастбищ.

Значительное влияние на биогенное загрязнение водоемов оказывают и территории, заселенные людьми. Сельские населенные пункты, как правило, не обеспечены очистными сооружениями. В связи с этим появилась необходимость выявления основных источников поступления биогенных веществ в водные объекты и оптимизации биогенной нагрузки на водосборных площадях.

Под защитой вод от загрязнения понимают комплекс мероприятий, обеспечивающих нормальное состояние водных объектов. Он состоит:

– из приемов, уменьшающих концентрацию химических веществ в

почвенно-грунтовых, стоковых и дренажных водах;

- мероприятий, предотвращающих попадание загрязнений в открытые и подземные водные источники;

- очистки сточных вод.

Основным направлением в защите вод является снижение концентрации загрязнений, поступающих в реки и озера. Для сельскохозяйственных предприятий:

- это создание удобрений с запрограммированным по фазам роста и развития растений освобождением веществ;

- применение гранулированных и микрокапсулированных удобрений;

- повышение концентрации элементов питания в удобрениях;

- совершенствование технологии применения химических мелиорантов;

- создание и внедрение новых машин, обеспечивающих равномерное внесение химических средств на полях.

К приемам, позволяющим уменьшить миграцию загрязнений в водные ресурсы с поверхностным и внутриводным стоком, относится устройство защитных водоохранных зон и прибрежных полос.

Водоохранная зона – это территория водосбора, прилегающая к водотоку или водоему, на который устанавливается специальный режим с целью предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод, нарушения водной и прибрежной экосистем, а также для сохранения среды обитания животных и растительной среды.

Прибрежная полоса представляет собой часть водоохранной зоны, непосредственно примыкающую к водному объекту. В прибрежной полосе устанавливается более строгий режим хозяйственной и иной деятельности по отношению к режиму всей водоохранной зоны.

Методы очистки и обработки сточных вод. Осуществить защиту водных ресурсов позволяет комплекс методов очистки сточных вод, которые можно разделить на следующие группы: механические, физические, химические, биологические и промежуточные (физико-химические, химико-биологические, химико-механические и т. д.).

Механическая очистка основана на удалении из сточных вод нерастворимых взвесей. Этим методом удаляется до 60–95 % примесей. Для очистки используются фильтры, сита, решета, песколовки, отстойники, улавливатели плавающих веществ.

Физические методы очистки используются для связывания тонкодисперсной и растворенной примесей. Для этого сточные воды подвергают обработке высокими температурами, ультразвуком, радиоактивными и ультрафиолетовыми лучами, электрическим током. Сюда относятся и выпаривание, центрифугирование, экстракция.

Очистка сточных вод **химическим методом** основана на добавлении в стоки веществ-реагентов, вступающих в химическую реакцию с загрязняющими веществами, в результате которой образуются безвредные соли либо соединения, выпадающие в осадок. К химическому удалению

загрязнений относят и коагуляцию. Из коагулянтов широко используют сернокислый алюминий, гашеную известь, соду; из адсорбентов – цеолиты, активированный уголь. Для обеззараживания воды применяют хлор, озон, гидрохлорид натрия.

Биологические методы очистки сточных вод основаны на способности водных организмов потреблять загрязнители в процессе своей жизнедеятельности. Биологическая очистка может быть естественной и искусственной. Естественная очистка проводится на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах.

Поля фильтрации представляют собой бросовые участки земли, которые значительно удалены от водных источников. Устраиваются такие поля на почвах легкого гранулометрического состава (песчаных или супесчаных) с уровнем залегания грунтовых вод не менее 1,5 м. Роль фильтра выполняет почва. Она задерживает загрязнители, которые в дальнейшем разрушаются почвенными организмами. Эксплуатируются такие участки в течение 3–5 лет.

Поля орошения устраиваются на сельскохозяйственных угодьях. Стоки разбавляются чистой водой до безопасных концентраций и используются при поливе растений. На таких участках разрешается выращивать зерновые и декоративные культуры. Запрещено применять сточные воды на плантациях овощей, ягодников, в садах, на кормовых культурах. Требования, предъявляемые к этим территориям, такие же как и для полей фильтрации.

Биологические пруды – это искусственно сооруженные водоемы глубиной от 0,5 до 1,5 м, которые разбиваются на секции. Площадь прудов 0,5–1,0 га. Сброшенные сточные воды заселяются естественными организмами, которые связываются и регулируются загрязнителями.

Искусственная биоочистка проводится в специальных сооружениях: биофильтрах и аэротенках.

Биологические фильтры представляют собой железобетонные сооружения с лотками, на которых размещается пористый материал с активной биологической плёнкой.

В **аэротенках** очистка от загрязнений осуществляется по всей толще воды. Это резервуар, в котором размещается активный ил (коллоидная масса минерального и органического состава, богатая микроорганизмами). Периодически проводится аэрация воды для того, чтобы активизировать работу микроорганизмов. Используются устройства для удаления растворенных в воде минеральных и органических веществ: азота, аммиака, аминокислот, нитратов, фосфора, калия и т. д.

Задания:

1. Определить вынос БВ с агроценозов.
2. Выявить основные источники загрязнения водной экосистемы.
3. Рассчитать нагрузку биогенов на водный объект.
4. Разработать мероприятия по оптимизации нагрузки.

Методика выполнения работы.

Источниками загрязнения поверхностных вод в бассейнах малых рек и озер, искусственных водоемов являются агроэкосистемы, в которых широко

используются органические и минеральные удобрения. Для оценки влияния стока сельскохозяйственных угодий на качество вод водных объектов необходима информация о характере использования водосбора:

- физико-географические параметры субводосбора (площадь, рельеф, распаханность);
- вид сельхозугодий;
- типы почв;
- уклоны участков.

Биогенную нагрузку агроценозов определяют путем расчета приходной части соединений азота, фосфора и расходной части. К приходным статьям баланса относят внесение биогенов с минеральными и органическими удобрениями под сельскохозяйственные культуры. К расходной части – вынос биогенов с урожаем. Избыток биогенов, формирующийся на каждом поле, определяют как разницу между приходной и расходной частями.

Работу начинают с разработки плана применения минеральных и органических удобрений на территории водосбора под сельскохозяйственные культуры. Содержание биогенов в навозе берется из прил. 1.

Внесение биогенов с минеральными удобрениями определяют как произведение дозы вещества на площадь (кг д. в./га).

Внесение биогенов с органическими удобрениями рассчитывают следующим образом: доза (т/га органических удобрений) × содержание вещества в 1 т органических удобрений (кг) × площадь, (га).

Общее внесение биогенного вещества складывается из количества веществ, поступивших с минеральными и органическими удобрениями. Полученные результаты заносятся в табл. 7.1.

Т а б л и ц а 7.1. Внесение биогенных веществ с минеральными и органическими удобрениями под сельскохозяйственные угодья ($W_{уд}$)

Сельскохозяйственные угодья	Площадь, га	Минеральные удобрения				Органические удобрения				Внесено всего, кг	
		Доза, кг/га д. в.		Внесено биогенов, кг		Доза, т/га	Содерж. биогенов в 1 т удобрений, кг	Внесено биогенов, кг		N	P ₂ O ₅
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅			N	P ₂ O ₅		
Ячмень											
Картофель											
Пастбище											

Расходная часть – это вынос сельскохозяйственными культурами биогенных веществ из почвы с основной и побочной продукцией.

Расчеты ведутся по уравнению:

$$W_y = F \cdot y \cdot k,$$

где W_y – вынос элемента культурой, кг;

F – площадь культуры, га;

y – урожайность культуры, ц/га;
 k – вынос элемента с 1 ц основной и соответствующим количеством
 побочной продукции (прил. 2).
 Данные заносятся в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.2. **Вынос биогенных элементов с урожаем культуры по субводосборам (W_y)**

Сельскохозяйственная культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	k		W_y	
			N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅

Потери биогенных веществ определяют балансовым методом. На этом этапе вводятся поправочные коэффициенты на тип почв, рельеф местности, хозяйственное использование участков, водность года и среднюю удаленность сельскохозяйственного угодья от водной экосистемы. Расчет осуществляется по зависимости:

$$P_{c.y} = (W_{уд} - W_y) \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot a,$$

где $P_{c.y}$ – потери биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий, кг;
 $W_{уд}$ – количество биогенного вещества, поступившего с удобрениями, кг (табл. 7.1);
 W_y – вынос биогенного элемента с урожаем культуры, кг (табл. 7.2);
 B_1 – поправочный коэффициент на тип почв (прил. 3);
 B_2 – поправочный коэффициент на рельеф (прил. 3);
 B_3 – поправочный коэффициент на использование угодий (прил. 3);
 a – коэффициент миграции в зависимости от водности года и удаленности участка от водного объекта (прил. 4).
 Полученные данные сводятся в табл. 7.3.

Т а б л и ц а 7.3. **Вынос биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий**

Сельскохозяйственные угодья	$W_{уд}$, кг		W_y , кг		B_1	B_2	B_3	a	$P_{c.y}$, кг	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅					N	P ₂ O ₅
Ячмень										
Картофель										
ВОС										

Биогенную нагрузку на реки, озера, водохранилища оценивают по концентрации элементов в стоках. Обычно определяют среднесуточную концентрацию соединений азота и фосфора от конкретного источника. Для сельскохозяйственных угодий экологическую нагрузку рассчитывают по следующим уравнениям:

$$C_{NO_3} = \frac{4,5 \cdot 10^3 P \cdot \mu \cdot \Phi}{V \cdot F \cdot t},$$

$$C_{P_2O_5} = \frac{P \cdot 10^3 \cdot \Phi}{V \cdot F \cdot t},$$

где C – концентрация биогенного вещества, мг/л;

$P_{c.y}$ – вынос элемента от источника загрязнения, кг;

μ – коэффициент, характеризующий содержание нитратного азота в стоке (0,92);

Φ – модульный коэффициент для перехода от среднегодовых концентраций к максимальным (0,92);

V – объем поверхностного стока, м³/га;

F – площадь, занимаемая источником загрязнения, га;

t – время, сут.

Полученные результаты заносят в табл. 7.4.

Т а б л и ц а 7.4. Экологическая нагрузка источников загрязнения водной среды биогенными веществами

Наименование сельскохозяйственного угодья	Вынос вещества, кг ($P_{c.y}$)		Концентрация в стоках, мг/л	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Поля				
.....				

Для снижения экологического ущерба, нанесенного водной экосистеме сельскохозяйственными объектами, разрабатываются различные природоохранные мероприятия. Они направлены на предотвращение биогенного загрязнения водоемов или водотоков и делятся на три уровня, каждый из которых имеет свои цели. Так, мероприятия первого уровня призваны уменьшить массу биогенных веществ за счет снижения их миграционной способности и водоотведения. Перечень приемов и их экологическая эффективность приведены в прил. 5. Проектирование водоохранных мероприятий начинают с данного уровня.

Мероприятия второго уровня обеспечивают снижение биогенной нагрузки за счет экологизации технологий производства.

Третий уровень водоохранных мероприятий является завершающим. Он предназначен для снижения концентрации биогенных веществ в водных объектах. Приемы уровня используются в том случае, если не достигнута оптимизация приемами первого и второго уровней.

Проектируемые приемы по источникам загрязнения оформляются в табл. 7.5.

Нагрузку уменьшают для азота до концентрации 10 мг/л, для фосфора – 20 мг/л.

Т а б л и ц а 7.5. Мероприятия по оптимизации нагрузки источников поступления биогенных веществ

Сельскохозяйственные угодья	Эффективность приема, %	Начальная концентрация, мг/л	Остаточная концентрация веществ, мг/л

Приложение 1

Содержание биогенных элементов в 1 т навоза, кг

Вид животных	Азот аммонийный	Азот общий	Фосфор
КРС взрослый	1,4	4,5	2,3
Молодняк	1,4	4,5	2,3

Приложение 2

Вынос азота и фосфора с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	Зерно	2,82	1,08	1,92
Озимая рожь	Зерно	2,8	1,21	2,33
Яровая пшеница		3,04	1,16	2,47
Яровой ячмень		2,9	1,19	2,74
Овес		2,9	1,19	2,74
Люпин		2,59	1,29	2,86
Горох		8,43	1,99	4,4
Лен-долгунец	Волокно	5,81	0,29	7,3
Свекла кормовая	Корнеплоды	0,33	0,11	0,73
Картофель	Клубни	0,54	0,16	1,07
Кукуруза на силос	Зеленая масса	0,33	0,12	0,42
Однолетние бобово-злаковые травы		0,45	0,13	0,43
Сено		1,74	0,54	2,5
Многолетние травы	Зеленая масса	0,35	0,11	0,51
	Сено	1,73	0,54	2,57
Сенокосы	Сено	1,64	0,4	2,2
Пастбища	Зеленая масса	0,43	0,06	0,62
Капуста	Плоды	0,4	0,10	0,45
Томаты		0,16	0,05	0,28
Овощи в среднем		0,25	0,08	0,35

**Поправочные коэффициенты для учета топологии, типов почв,
хозяйственного использования земель**

Поправочные коэффициенты	Учитываемые факторы	Значение коэффициента	
		N	P ₂ O ₅
Типы почв В ₁	Глинистые	1,52	–
	Супеси, суглинки	1,27	–
	Пески, торфяно-болотные	1,00	–
Уклон В ₂	>7	6,25	–
	5–7	4,88	–
	3–4	2,06	–
	1–2	1,0	–
Использование земель В ₃	Пашня	10	–
	Выгоны, пастбища	5	–
	Застроенные территории	3	–
	Культурные пастбища	1	–
	Лес	1	–

Коэффициент миграции БВ в зависимости от расстояния до водного объекта

Водность года	Расстояние, м						
	0–500	500–1000	1000–2000	2000–3000	3000–4000	4000–5000	5000 и более
Многоводный	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2
Средней водности	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Маловодный	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1

Экологическая эффективность водоохранных мероприятий трех уровней

Мероприятие	Эффективность, %
I уровень	
1. Выделение водоохраной зоны: а) с посадкой лесных насаждений б) залужение	60–70 10–15
2. Создание лесных полос на полях санитарных зон, вокруг ферм, комплексов, населенных пунктов	60–70
3. Обвалование: а) сельскохозяйственных полей с помощью водозадерживающих валов (25–30 см) б) вокруг животноводческих объектов в) по берегам водоемов и вдоль русел рек	20–40 30–40 35–45
4. Целевое направление стоков: а) биологические пруды б) отстойные пруды в) болото	30–50 20–40 15–45
5. Мульчирование	20–30
II уровень	
Для сельскохозяйственных угодий	
1. Приемы обработки: а) безотвальная обработка обычная б) плоскорезная обработка в) вспашка с почвоуглублением г) вспашка поперек склона д) контурная вспашка е) обвалование зяби	50–60 70 10–15 20–40 10–30 80
2. Известкование	10–30
Для животноводческих объектов	
3. Обработка твердой фракции: а) переработка в кормовые добавки б) буртование в) приготовление торфокомпостов	85–95 10–30 50–70
4. Компостирование навоза	50–60
5. Переход от гидросмыва на механическое удаление навоза	в 10 раз
6. Снижение поголовья до оптимального уровня	
III уровень	
1. Регулирование русел рек	10–30
2. Очистка дна от илистых отложений	20–40
3. Систематическое скашивание осенью водной растительности	45–55