


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Кафедра «Экология и природопользование»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель НОЦ ЭП

 /Климова А.В./

«29» 01 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Оценка состояния и устойчивости экосистем»**

направление подготовки  
05.04.06 Экология и природопользование  
(уровень магистратуры)

профиль:  
«Природопользование»


Петропавловск-Камчатский  
2026

Рабочая программа по дисциплине «Оценка состояния и устойчивости экосистем»  
составлена на основании ФГОС ВО направления подготовки 05.04.06  
«Природопользование»

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ЭП, к.б.н.  Миловская Л.В.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры ЭП  
«28» 01 2026 г., протокол № 12

И. о. заведующего кафедрой  
«28» 01 2026 г.,  Авдощенко В.Г.

## 1 Цели и задачи учебной дисциплины

*Цель освоения* дисциплины — изучение теоретических основ оценки состояния и устойчивости экосистем и их компонентов при различных видах природных и антропогенных воздействий.

*Задачи дисциплины:*

— изучение теоретических основ и существующих методов оценки состояния наземных и водных экосистем и их компонентов.

— анализ современных представлений об оценке устойчивости наземных и водных экосистем к различным видам воздействия.

## 2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональной компетенции:

— способен определять показатели экологических целей устойчивого развития (ПК-3);

— способность анализировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений (ПК-4);

Планируемые результаты освоения практики, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-3	Способен определять показатели экологических целей устойчивого развития	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> : Знает подходы к определению значимых экологических аспектов и связанных с ними экологических воздействий.	Знать: 1. существующие способы и методы количественной оценки антропогенного воздействия на экосистемы и их компоненты; 2. подходы к выявлению природных факторов, ответственных за сохранение нормального функционирования экосистем.	З(ПК-3)1 З(ПК-3)2
		ИД-2 <sub>ПК-3</sub> : – умеет выбирать подходы к определению значимых экологических аспектов; ИД-3 <sub>ПК-3</sub> – умеет устанавливать критерии устойчивого развития.	Уметь: 1. определять количественные оценки устойчивости экосистем; 2. ранжировать экосистемы по уровню устойчивости; 3. составлять карты устойчивости экосистем к различным видам антропогенных воздействий и использовать их при оценке экологического состояния экосистем и прогнозе экологических последствий их антропогенной трансформации. 4. работать с информацией из различных источников для решения профессиональных задач; 5. правильно оценивать локальные и отдаленные последствия принимаемых решений в отношении окружающей среды.	У(ПК-3)1 У(ПК-3)2 У(ПК-3)3 У(ПК-3)4 У(ПК-3)5
ПК-4	Способность	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> :	Знать:	

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
	анализировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений	– знает методы анализа научных данных.	1. общенаучные методы исследований и применение их при проведении экологических изысканий; владение методами полевых (экспедиционных, стационарных) и камеральных работ.	<b>З(ПК-4)1</b>
		ИД-2 <sub>ПК-4</sub> : – умеет оформлять результаты научно-исследовательских работ	Уметь: 1. оформлять результаты научно-исследовательских работ	<b>У(ПК-4)1</b>

### 3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

В структуре образовательной программы учебная дисциплина «Оценка состояния и устойчивости экосистем» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений.

### 4 Содержание дисциплины

#### 4.1 Тематический план дисциплины

##### Заочная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Раздел 1. Оценка состояния наземных и водных экосистем, оценка состояния ландшафта</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-	<b>64</b>	Опрос, контрольная работа, защита рефератов	<b>2</b>
Тема 1: Структурная и функциональная организация экосистем. Оценка и диагностика.	18	2	1	1	-	16	Опрос, практическое задание	
Тема 2: Оценка состояния наземных экосистем	17	1	1	-	-	16	Опрос, практическое задание	
Тема 3: Оценка состояния водных экосистем	17	1	-	1	-	16	Опрос, практическое задание	
Тема 4: Оценка состояния ландшафтов	18	2	1	1	-	16	Опрос, контрольная работа, защита рефератов	
<b>Раздел 2. Оценка устойчивости наземных и водных экосистем, оценка устойчивости ландшафтов</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-	<b>64</b>	Опрос, практические задания,	<b>2</b>

							защита рефератов	
Тема 5: Устойчивость природных экосистем	18	2	1	1	-	16	Опрос, контрольная работа	
Тема 6: Оценка устойчивости наземных экосистем	17	1	1	-	-	16	Опрос, практическое задание	
Тема 7: Оценка устойчивости водных экосистем	18	2	1	1	-	16	Опрос, контрольная работа	
Тема 8: Оценка устойчивости ландшафтов	17	1	-	1	-	16	Опрос, защита рефератов	
Зачет с оценкой	4				-			+
<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>128</b>		

## 4.2 Содержание дисциплины

### Раздел 1. Оценка состояния наземных и водных экосистем, оценка состояния ландшафта

#### Тема 1: Структурная и функциональная организация экосистем. Оценка и диагностика.

##### Лекция

Экосистемы как структурные единицы биосферы. Относительная автономия экосистем, Связь между экосистемами. Структурная и функциональная организация экосистем, многообразие связей. Трансформация и аккумуляция в экосистемах солнечной энергии. Согласованность процессов, обеспечивающих круговорот веществ, протекание биогеохимических циклов. Условия среды обитания, приспособленность организмов к условиям среды, взаимоотношения со средой.

Механизмы поддержания стабильности природных комплексов. Предпосылки преобразования экосистем в процессе функционирования. Адаптивные перестройки сообщества. Функционирование измененного сообщества как причина его дальнейшего изменения. Экосистемный анализ как комплексный подход, сочетающий качественный и количественный анализ. Два этапа оценки экосистем: диагностика (экологическая регламентация) и оценка воздействия (экологическое нормирование). Популяционный метод определения динамических характеристик популяции.

*Основные понятия темы:* автономия экосистем, трансформация и аккумуляция энергии, круговорот веществ, биогеохимические циклы, адаптивные перестройки, стабильность и изменчивость, экосистемный анализ, диагностика экосистем, динамические характеристики популяции.

##### Вопросы для самоконтроля:

1. Определение экосистемы.
2. Перечислите функциональные звенья экосистемы.
3. Почему говорим об относительной автономии экосистем?
4. Как происходит аккумуляция солнечной энергии в экосистемах?
5. Каким образом осуществляется трансформация солнечной энергии в экосистемах?
6. Почему при глобальном потеплении происходит сокращение площади суши?
7. Как происходит круговорот веществ в экосистеме и является ли он замкнутым?
8. Границы поддержания стабильности экосистемы.
9. Причина адаптивных перестроек экосистемы.
10. Как осуществляется оценка экосистем?

*Практическое занятие 1.1: «Определение популяционных характеристик»*

*Практическое задание*

1. Увеличение численности северного оленя (*Rangifer tarandus*) наблюдалось при интродукции его на различные острова. Так, от 25 особей (4 самца и 21 самка), завезенных в 1911 г. на остров Святого Павла (входящий в архипелаг островов Прибылова в Беринговом море), произошла популяция, численность которой к 1938 г. достигла 2000 особей, но затем последовал резкий спад, и к 1950 г. на острове осталось только 8 оленей.

Сходная картина наблюдалась и на острове Святого Матвея (также расположенном в Беринговом море): 29 особей (5 самцов и 24 самки), интродуцированных на остров в 1944 г., дали популяцию, насчитывавшую в 1957 г. 1350 особей, а в 1963 г. — около 6000 особей (площадь этого острова 332 км<sup>2</sup>, что примерно в три раза больше площади острова Святого Павла). В последующие годы произошло, однако, катастрофическое снижение численности оленей — к 1966 г. их осталось только 42. В обоих вышеописанных случаях причиной резкого снижения численности была нехватка в зимнее время пищи, состоящей почти исключительно из лишайников.

Дать сравнительную оценку состояния популяций оленей на основе популяционных параметров.

Пояснение. Динамические популяционные показатели оперируют удельными величинами, т.е. рассчитываются рождаемость, смертность и скорость роста популяции в расчёте на 1 особь, т.е. определяем скорость изменения этих показателей. Удельные характеристики позволяют сравнивать как сезонные и межгодовые скорости, так и потенциал разных популяций.

$$r = \frac{N_t - N_0}{dt} = \frac{N_t - N_0}{t_t - t_0} \quad (1)$$

где  $N_0$  — численность популяции в предшествующий период;

$N_t$  — численность популяции в последующий период;

$dt$  — промежуток времени между измерениями.

Удельная рождаемость ( $b$ ) — число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения

Эмиграция и иммиграция на численность влияют несущественно, поэтому при расчётах ими можно пренебречь. Для сравнения рождаемости в различных популяциях пользуются показателем удельной рождаемости ( $b$ ) — отношением скорости рождаемости к исходной численности ( $N_0$ ):

$$b = \frac{dN_n}{Ndt} \quad (2)$$

$dN$  — разница численности ( $N_1 - N_2$ ) за промежуток времени;

$N_0$  — исходная численность;

$dt$  — промежуток времени ( $t_1 - t_2$ ).

Размерность удельных характеристик  $r$ ,  $b$ ,  $d$  выражается в минус первой степени и зависит от интенсивности размножения особей: для бактерий — час, для фитопланктона — сутки, для насекомых — неделя или месяц, для крупных млекопитающих — год.

Удельная смертность ( $d$ ) — число особей погибших в популяции за определенный отрезок времени

$$d = b - r \quad (3)$$

Формула 3 позволяет определить смертность, которую трудно измерить непосредственно, а определить  $r$  достаточно просто непосредственными наблюдениями.

Биотический потенциал популяции никогда не реализуется полностью. Его величина обычно складывается как разность между рождаемостью и смертностью в популяции:

$$r = b - d \quad (4)$$

Когда  $b = d$ ,  $r = 0$  и популяция находится в стационарном состоянии. Когда  $b > d$ ,  $r > 0$ , численность популяции увеличивается. Когда  $b < d$ ,  $r < 0$ , численность популяции сокращается.

## Практическое занятие 1.2: «Определение рекреационной дигрессии»

### Практическое задание.

Вблизи городов лесные экосистемы испытывают большую рекреационную нагрузку, приводящую к дигрессии растительного покрова. Изменения структуры и функционирования лесных экосистем происходит по градиентному ряду, отражающему степень и продолжительность воздействия человека на экосистемы. Выделяют 5 основных стадий рекреационной дигрессии. Заполните таблицу, самостоятельно найдите материал и охарактеризуйте характер воздействия согласно представленной схеме.

Степень воздействия на лесную экосистему	Характер воздействия
Минимальное	
Слабое	
Умеренное	
Интенсивное	
Разрушительное	

Литература: [1], [2], [3], [4], [6], [8].

## Тема 2: Оценка состояния наземных экосистем

### Лекция

Системы наблюдений, оценка и прогноз состояния природных и антропогенно-трансформированных экосистем. Степень их нарушенности.

Критерии оценки: режимные, природозащитные, антропоэкологические и хозяйственные. Состояние системы как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов системы.

Современные подходы и методы исследования сложных систем в природе: определение структуры и организации системы; определение собственных (внутренних) интегральных свойств и функций системы; изучение природных комплексов в тесной связи с хозяйственной практикой с точки зрения жизнеобеспеченности человека, включая окружающую его природную и техногенную среду. Исходные параметры, соответствующие классам градации или оценочные шкалы.

Критерии оценки изменения для воздушной среды, водных объектов, почв, геологической среды, наземных экосистем (растительного и животного мира).

*Критерии для атмосферного воздуха:* критические нагрузки (максимальные значения выпадений) и критические уровни загрязняющих веществ (максимальные значения концентраций). Параметры установлены для наземной растительности, лесных и водных экосистем по веществам: диоксиды азота и серы, фтористый водород, озон (критические уровни), соединений серы и азота, ионов водорода (критические нагрузки).

*Критерии для почв:* показатели физической деградации почв, химического и биологического загрязнения. Величины параметров установлены для показателей: площадь выведенных из сельскохозяйственного оборота земель, уничтожение гумусового горизонта, превышение уровня грунтовых вод, радиоактивное загрязнение, превышение ПДК химических веществ (с учетом классов опасности), снижение уровня активной микробной массы, фитотоксичность (по данным биотестирования).

*Критерии оценки состояния растительности* (в зависимости от географических условий и типов экосистем): уменьшение биоразнообразия, плотности популяции видов-индикаторов, площадь коренных ассоциаций, лесистость, запас древесины основных лесобразующих пород, повреждение древостоев и хвойных пород техногенными выбросами, площадь посевов, поврежденных вредителями, проективное покрытие и продуктивность пастбищной растительности, изменение ареалов редких видов и др.

*Критерии оценки состояния животного мира* (показатели на уровне зооценоза, отдельных видов и популяций): уменьшение биоразнообразия, плотность популяции видов индикаторов, снижение численности охотничье-промысловых видов.

Критерии для оценки степени деградации наземных экосистем отражают негативные изменения в структуре и функционировании экосистем по статическим и динамическим показателям. Скорость нарастания негативных изменений природной среды: уменьшение биоразнообразия, биопродуктивности, расширение площади нарушенных земель.

*Основные понятия темы:* видовой состав, биомасса и продукция, лимитирующие факторы, разрушающие факторы (опасные природные явления и антропогенное влияние), системообразующие элементы, критические нагрузки, критические уровни, статические и динамические показатели.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Как называются функционально-структурные характеристики экосистем, которые не выходят за пределы естественных изменений?
2. Критерии оценки атмосферного воздуха.
3. Критерии оценки почв.
4. Критерии оценки состояния растительности.
5. Критерии оценки состояния животного мира.

*Практическое занятие 2.1: «Критерии оценки атмосферного воздуха и почв»*

*Контрольные вопросы*

1. Дайте определение критических нагрузок.
2. Дайте определение критических уровней загрязняющих веществ.
3. Какие критерии установлены для оценки для атмосферного воздуха?
4. Какие критерии по веществам установлены для оценки почв?
5. По каким веществам установлены критические нагрузки загрязняющих веществ?
6. По каким веществам установлены критические уровни выпадения загрязняющих веществ?
7. По каким критериям оценивают показатели физической деградации почв?
8. По каким критериям оценивают показатели химического загрязнения почв?
9. По каким критериям оценивают показатели биологического загрязнения почв?
10. Как оценивается уровень активной микробной массы?
11. Каким методом оценивают фитотоксичность почв?

*Практическое занятие 2.2: «Критерии оценки состояния растительности, животного мира и степени деградации наземных экосистем»*

*Контрольные вопросы*

1. Какие критерии (по веществам) установлены для оценки наземной растительности?
2. Почему для оценки влияния следует учитывать географические условия и тип экосистем?
3. Перечислите критерии, принятые для оценки лесных экосистем.
4. Чем отличаются показатели биомассы и продукции?
5. Перечислите показатели, используемые для оценки состояния животного мира.
6. В чем разница между статическими и динамическими показателями?
7. Почему при оценке степени деградации наземных экосистем используют, кроме статических, также динамические показатели? Какую ценную информацию они несут?

*Практическое задание*

По представленным показателям рассчитайте скорость распространения елового усача, постройте график, установите тип зависимости, нанесите подходящую линию тренда и отразите на графике уравнение зависимости и коэффициент аппроксимации. Сделайте вывод.

Таблица 3 — Количество поврежденных вредителями деревьев на площади 1 га

Показатель	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021
Н, экз.	3	5	7	12	26	40	81

Литература: [2], [4], [7], [8], [9], [10], [13], [19], [20].

### **Тема 3. Оценка состояния околосводных и водных экосистем**

#### *Лекция*

Отличие наземных околосводных интразональных (пойменные, долинные, прибрежные у озер, водохранилищ, прудов, морей) экосистем от зональных. Динамичность их существования (появления, формирования, гибели). Связь с лимитирующим их существование изменчивым фактором среды (водным или гидрологическим). Динамика русловых и гидрологических процессов в связи с естественными климатическими и антропогенными (гидротехническими) воздействиями как фактор смены условий увлажнения и быстрого, а иногда и катастрофического изменения в экосистемах.

Основными химическими показателями для оценки состояния водных экосистем являются БПК, концентрации кислорода и наиболее опасных токсичных загрязняющих веществ (с учетом классов опасности), в том числе обладающих свойством накапливаться в органах и тканях гидробионтов.

Основными гидробиологическими показателями является характеристика развития всех экологических групп водных сообществ: фито-, зоопланктона, зообентоса, запасов ихтиофауны. Учет степени эвтрофикации пресноводных и морских экосистем. В качестве основного показателя степени истощения водных ресурсов взята норма безвозвратного изъятия поверхностного стока.

Выявление зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия для водных объектов проводят по критериям загрязнения, истощения водных ресурсов и деградации водных экосистем с использованием химических и биологических показателей. Расчетный суммарный показатель для превышающих ПДК химических веществ (ИЗВ). Критерии оценки качества вод по данным гидробиологического анализа основаны на оценке совокупности показателей: числа видов, численностей и биомасс популяций, населяющих водоём, и рассчитанных различных соотношений между ними. Простые критерии, характеризующие какой-либо индивидуальный компонент экосистемы (например, численность, биомасса, или число видов в сообществе); комбинированные — отражают компоненты с разных сторон (видовое разнообразие учитывает, как число видов, так и распределение их обилия); комплексные — используют несколько компонентов экосистемы (продукция, самоочищающая способность, устойчивость). Комбинированные и комплексные показатели принято обобщенно называть «индексами».

Определение на основании динамической совокупности биологических показателей, отражающих структурно-функциональные особенности экосистем, пороговых (критических) значений нарушений в околосводных наземных экосистемах, после которых начинаются необратимые изменения экосистемы.

Воздействие гидросооружений и зарегулирование стока в течение длительного времени как причина очень слабой флуктуационной изменчивости и меньшего (в 2-4 раза) видового разнообразия.

*Основные понятия темы:* уровень грунтовых вод, ожелезнение и оглеение почв, пойменные экосистемы, флуктуационная изменчивость, виды-индикаторы нарушений водного режима, изменение кормовой ценности лугов, биоразнообразие сообществ; индекс загрязнения воды (ИЗВ), эвтрофирование.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие критерии установлены для оценки околосводных экосистем?
2. Как оценивается изменение структурной организации растительных сообществ?

3. Каким образом можно оценить изменения водного режима по видам-индикаторам?
4. Какие показатели включает оценка кормовой ценности заливных лугов?
5. Что означает понятие «флуктуационная изменчивость»?
6. Как рассчитывается ИЗВ?
7. Какие факторы вызывают эвтрофирование водоемов?

*Практическое занятие 3.1: «Критерии оценки состояния наземных околотоводных экосистем»*

**Задание**

Дайте характеристику интразональных околотоводных экосистем на основе самостоятельного поиска в литературных источниках по следующей схеме (табл. 4).

Таблица 4 — Характеристика состояния прибрежных экосистем

	Стабильность режима увлажнения	Характеристика фитоценоза	Виды-индикаторы	Лимитирующие факторы	Предполагаемые пороговые (критические) уровни нарушений
Пойменные					
Долинные					
Прибрежные у озер					
Прибрежные у водохранилищ, прудов					
Прибрежные у морей					

*Контрольные вопросы*

1. Как уровень грунтовых вод и периодичность увлажнения влияет на ожелезнение и оглеение почв?
2. По каким критериям оценивается изменение структурной организации растительных сообществ?
3. Как оценить изменения водного режима по видам-индикаторам?
4. Почему гидросооружения и зарегулирование стока в течение длительного времени вызывают сокращение видового разнообразия растительности?

*Практическое занятие 3.2: «Критерии оценки состояния водных экосистем по гидрохимическим показателям»*

**Задание 1**

Рассчитайте суммарный индекс загрязнения воды (ИЗВ) на основании следующих показателей, годится ли эта вода для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования:

Концентрации: рН — 5,95; БПК<sub>5</sub> — 9,08 мг/л; ХПК — 20,73 мг/л; содержание кислорода — 12,69 мг/л; концентрация аммонийного азота — 0,97 мг/л; концентрация фосфатов — 0,47 мг/л.

ПДК: ХПК — 15 мг/л; БПК<sub>5</sub> — 3 мг/л; рН — 7,5; кислорода — 6 мг/л; фосфатов — 0,2 мг/л; аммонийного азота — 0,5 мг/л.

Выберите для расчетов концентрации веществ, превышающих ПДК, кислород и показатель БПК<sub>5</sub> и определите класс загрязнения по прилагаемой таблице 5.

Таблица 5 — Характеристика качества воды по ИЗВ

Класс качества воды	Характеристика качества воды	Величина ИЗВ
<i>Поверхностные воды</i>		
1	Очень чистая	До 0,3
2	Чистая	Более 0,3 до 1
3	Умеренно загрязненная	Более 1 до 2,5
4	Загрязненная	Более 2,5 до 4
5	Грязная	Более 4 до 6
6	Очень грязная	Более 6 до 10
7	Чрезвычайно грязная	Более 10
<i>Морские воды</i>		
1	Очень чистая	До 0,25
2	Чистая	Более 0,25 до 0,75
3	Умеренно загрязненная	Более 0,75 до 1,25
4	Загрязненная	Более 1,25 до 1,75
5	Грязная	Более 1,75 до 3
6	Очень грязная	Более 3 до 5
7	Чрезвычайно грязная	Более 5

#### Задание 2.

Содержание загрязняющих компонентов — винилацетата (1) и ацетонитрила (2) — в пробе образца воды составляют 0,1 мг/л и 0,5 мг/л соответственно. Рассчитайте их суммарный загрязняющий эффект, если ПДК1 = 0,2 мг/л, ПДК2 = 0,7 мг/л, и сделайте вывод о допустимости использования анализируемого водного объекта для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

*Практическое занятие 3.3: «Критерии оценки состояния водных экосистем по гидробиологическим показателям»*

#### *Вопросы для обсуждения*

1. Классификация водоемов и биоценозов по сапробности.
2. Оценка качества экосистемы по соотношению количества видов, устойчивых и неустойчивых к загрязнению
3. Интегральные критерии: оценка качества экосистем по нескольким показателям.
4. Индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека.
5. Олигохетный индекс Гуднайта–Уитлея и Пареле.
6. Биотический индекс Вудивисса.
7. Традиционный набор микробиологических показателей (коли-индекс и др.).

Литература: [2], [4], [7], [8], [11], [14], [16], [17], [18], [20].

### **Тема 4: Оценка состояния ландшафтов**

#### *Лекция*

Оценка ландшафта с точки зрения его земледельческого, промышленного, транспортного, рекреационного, водохозяйственного использования или с точки зрения качеств ландшафта как сферы жизни. Для выявления экологической оценки и классификации ПТК разработан метод ландшафтных и экологических индикаторов.

При детальной оценке микроклимата территории используются методы количественной оценки микроклиматической изменчивости — показатели солнечной радиации, ветрового режима, количества осадков и высоты снежного покрова под влиянием элементов ландшафта. Индикаторами являются все компоненты и элементы ландшафта: тектонические структуры, геологическое строение, литологический состав горных пород и отложений, формы рельефа, почвы, поверхностные воды, снеговой и ледовый покровы.

Покомпонентная оценка ландшафта (загрязненность воздушного и водного бассейнов, шумовое и электромагнитное загрязнение, нарушенность территорий и др.), составление аналитических карт, характеризующие геохимическую активность ландшафта и его устойчивость к физическим нагрузкам, а также локализацию антропогенных нагрузок. Главную роль в оценке степени опасности радиоактивных и химических загрязнений для ландшафтов играет скорость их самоочищения.

Интегральной оценкой риска загрязнения почв (ландшафтов) при техногенных нагрузках, возникающих в результате попадания сточных вод, является объем сброса, содержание ионов натрия в стоках, почвогрунтах, зонах аэрации и грунтовых водах, а также количественные и качественные характеристики биогеоценозов.

Биота как фактор саморегулирования антропогенных ландшафтов. В качестве ландшафтных и экологических индикаторов используют видовой и экологический состав растительности разных ярусов (травяного, кустарникового, древесного), сукцессионные смены растительных сообществ, показатели поврежденности древостоев (усыхание, дефолиация).

Влияние природных и антропогенных факторов на основные показатели биоразнообразия ландшафта. Степень нарушенности ландшафтов крупных территорий в пределах широтных географических зон — арктической, тундровой и лесотундровой, тайги, смешанных лесов, широколиственных лесов, лесостепи и степи.

Использование статических или динамических показателей для оценки эрозии, характеризующих состояние как почвенного покрова, так и ландшафтов в целом.

При оценке воздействия антропогенной деятельности на состояние ландшафта одной из проблем является определение изменчивости различных компонентов природной среды и определяющих ее факторов. Масштабы различных антропогенных воздействий варьируют от локального до регионального уровня. В зависимости от вида воздействия используются разные системы показателей, характеризующих качество среды.

*Основные понятия темы:* литогенная основа ландшафта, морфологическая структура ландшафтных единиц, геохимическая активность ландшафта, степень нарушенности ландшафтов, сукцессионная смена растительных сообществ.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Влияние роли литогенной основы на формирование ландшафтов.
2. Какие преимущества имеет количественная оценка микроклиматической изменчивости при оценке ландшафта?
3. Дайте определение понятия «нарушенный ландшафт».
4. В чем проявляется специфика техногенной миграции химических элементов? Какую опасность она представляет для человека?
5. Почему скорость самоочищения является важным показателем при оценке степени опасности радиоактивных и химических загрязнений для ландшафтов?
6. В силу каких причин происходит сукцессионная смена растительных сообществ?
7. К каким негативным экологическим последствиям может привести нарушение целостности биотического компонента в зоне тундры? В тайге? В степных ландшафтах?

*Практическое занятие 4.1: «Комплексный маршрутный учет антропогенных воздействий на местность»*

#### *Вопросы для обсуждения*

1. Необходимость комплексного маршрутного учета антропогенных воздействий на местность.
2. Перечень объектов маршрутного учета антропогенных воздействий и экологических условий местности:
  - а) антропогенные формы микрорельефа: мелиоративные каналы, ямы, рвы, промоины и овраги искусственного происхождения, насыпи, валы, бугры, террасы на склонах и т.п.;

б) антропогенные нарушения почв и травянистой растительности — обширные участки повреждений от тяжелой техники, шоссе и грунтовые дороги, тропы, ямы, рытвины, свалки мусора, прогоны скота, обширные вытоптаные площадки;

в) искусственные водоемы и водотоки — пруды, заболоченные участки, мелиоративные и другие каналы, водоотводы;

г) антропогенные нарушения древесной растительности — лесные просеки (любого происхождения — под линиями электропередач, технологические трассы, противопожарные полосы и т.д.).

Литература: [2], [4], [3], [4], [5], [7], [9], [12], [13].

## **Раздел 2. Оценка устойчивости наземных и водных экосистем, оценка устойчивости ландшафтов**

### **Тема 5. Устойчивость природных экосистем**

Экологическая устойчивость — понятие, характеризующее сохранение качественной определенности экосистемы, неизменность ее организованности в течение неопределенно долгого времени, т.е. сохраняющая динамическое равновесие со средой при антропогенном воздействии (или же негативном природном).

С решением этой проблемы неразрывно связана и проблема экологического нормирования, основным содержанием которой является поиск нормы состояния природной экосистемы, нормы воздействия на нее и ответной реакции экосистемы на внешнее воздействие.

Этапы оценки воздействия. При оценке воздействия реализуются следующие этапы: оценка фактора воздействия (оценка аддитивных (масса, биомасса, мортмасса, концентрация и т.п.) и неаддитивных (устойчивость, благополучие) свойств экосистемы (оценка степени воздействия — изменения экосистемы).

Регенерация (способность к восстановлению деформированных структур и функций) — реализация в процессах самоорганизации (самокоординации, саморегуляции, самовосстановления, самоочистения), т.е. важнейших составляющих экологического потенциала. Соотнесение характеристик стабильной жизнедеятельности экосистем с величиной оказываемого на них антропогенного воздействия (или же негативного природного). Компенсаторные возможности экосистем к внешним воздействиям, определяющие их устойчивость, способность к самовосстановлению, в основе которой лежат различные физические, химические и биологические процессы.

Основной принцип устойчивости экосистемы (сохранение замкнутости круговорота вещества). Основная причина неустойчивости экосистем (несбалансированность круговорота вещества из-за несогласованности деятельности организмов отдельных групп). Изменения в соответствии с принципом сукцессионных преобразований. Климаксные сообщества как наиболее зрелые: устойчивое динамическое равновесие между биотическими потенциалами входящих в сообщество популяций и сопротивлением среды. Гомеостаз экосистемы. Влияние размеров, разнообразия видового и популяционного состава на устойчивость экосистемы. Невозможность одновременного сочетания двух противоположных свойств: быть высоко стабильным и давать большой выход чистой продукции.

Два типа устойчивости экосистемы. Резистентная устойчивость — это способность экосистемы сопротивляться нарушениям, поддержание неизменной структуры и функции, практически не выходя за пределы равновесного состояния. Упругая устойчивость — способность системы восстанавливаться после того, как ее структура и функции были нарушены. Предельные значения внешних воздействий, которые система способна выдержать без разрушения (запас жесткости).

Отличие природной устойчивости экосистем от устойчивости техноприродных систем, которая заключается в способности выполнять заданные социально-экономические функции.

Биосфера как саморегулирующаяся система, сохраняющая свою стабильность только в

консервативном состоянии при устойчивом динамическом равновесии, складывающимся из совокупности результатов конкурентного развития многочисленных сообществ, составляющих биотическую основу огромного числа экосистем биосферы. Стабильное состояние биосферы не означает неизменность состояния составляющих её экосистем, находящихся на различных стадиях экологической сукцессии. Эволюционный путь организации биосферы.

*Основные понятия темы:* экологическая устойчивость, регенерация, компенсаторные возможности, гомеостаз экосистемы, резистентная устойчивость, упругая устойчивость, жесткость, хрупкость, эволюционный путь организации биосферы.

*Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение понятия «устойчивость экосистем».
2. Что включает в себя понятие «регенерация экосистем»?
3. Назовите важнейшие составляющие экологического потенциала.
4. Охарактеризуйте компенсаторные возможности экосистем.
5. Назовите два типа устойчивости экосистем.
6. Как называется способность экосистемы сопротивляться нарушениям, практически не выходя за пределы равновесного состояния?
7. Чем упругая устойчивость отличается от резистентной?

*Практическое занятие 5.1: «Процессы самоорганизации экосистем»*

1. Дайте определение саморегуляции.
2. Какова функция саморегуляции в биосфере?
3. Объясните, каким образом прямые и обратные связи при саморегуляции поддерживают равновесие в экосистеме через:
  - численность популяций;
  - соотношение полов;
  - рождаемость, смертность и другие параметры.
4. Как поддерживается равновесие в системе «хищник-жертва»?
5. Почему длительная связь между популяциями хищника и жертвы порождает их взаимозависимость?
6. Какова роль хищников в регуляции
7. Как от хищников и их жертв зависят некоторые важные свойства таких крупных экологических объектов, как биотические сообщества и экосистемы?
8. Как хищники предотвращают слишком резкие колебания численности?
9. Каким образом хищники способствуют оздоровлению популяций?
10. Охарактеризуйте влияние доминантных видов любого биоценоза на установление равновесия в экосистеме, какова может быть система прямых и обратных связей?
11. На какие четыре типа разделяют прямые отношения?
12. Почему из всех типов биотических отношений между видами в биоценозе наибольшее значение имеют топические и трофические связи?

*Практическое занятие 5.2: «Устойчивость экосистемы, ее самоорганизация как гомеостаз»*

Контрольная работа

1. Дайте определения, связанные с устойчивостью экосистем (заполните таблицу)

Таблица 6 — Основные понятия, связанные с устойчивостью экосистем

№	Понятие	Определение понятия
1	Устойчивость экосистемы к воздействию	
2	Уязвимость экосистемы	
3	Изменчивость экосистемы	
4	Чувствительность экосистемы	

5	Период релаксации экосистемы	
6	Пределы устойчивости (верхний и нижний)	
7	Инертность экосистемы	
8	Пластичность экосистемы	
9	Эластичность экосистемы	
10	Восстанавливаемость экосистемы	
11	Резистентность экосистемы	
12	Упругость экосистемы	
13	Буферность или буферная емкость	
14	Стабильность экосистемы	
15	Персистентность экосистемы	

2. Приведите примеры адаптационной устойчивости природных экосистем.  
Литература: [2], [4], [5], [8], [9], [10], [12], [13], [15], [20].

### **Тема 6. Оценки устойчивости наземных экосистем**

#### *Лекция*

Характеристики устойчивости экосистемы; видовое богатство и разнообразие, видовое своеобразие, сложность структуры, степень иерархичности, которые часто считаются приоритетными при оценке устойчивости.

Учет количества реально действующих обратных связей в системах. Сукцессионное усложнение сообществ как вынужденное, обусловленное, преимущественно, обострением межвидовой и внутривидовой конкуренции за ограниченные пространства и пищевые ресурсы. Устойчивость реальных экосистем и сообществ к внешнему дестабилизирующему воздействию на самом деле редко возрастает в связи с увеличением их видового разнообразия и количества межвидовых связей. Обычно же устойчивость к воздействию в обеих ее формах при росте видового разнообразия, наоборот, закономерно уменьшается, так как возрастает вероятность потери в результате этого воздействия наиболее уязвимых видов сообщества или межвидовых связей по мере увеличения их количества. Сукцессионное развитие сообществ только до определенного предела связано с сукцессионным усложнением; устойчивость реальных экосистем нельзя оценивать по отношению к внешнему дестабилизирующему воздействию.

Термический режим как основной лимитирующий фактор для зональных экосистем.

Климатическое или близкое к нему, т.е. более-менее стабильное состояние, которое как заключительный этап в развивающейся сукцессии.

Устойчивость к изменению видового разнообразия максимальна для наиболее разнообразных по видовому обилию экосистем. При снижении видового разнообразия в системе будет снижаться и устойчивость к его изменению.

Критерии оценки устойчивости. Индикаторный подход к оценке устойчивости. Связь устойчивости численностей видов сообщества с устойчивостью его трофической структуры.

Оценка устойчивости к изменению параметров естественного (потенциальная устойчивость) и антропогенного режимов как необходимое условие оценки устойчивости природных экосистем. Пределы устойчивости. Механизмы формирования адаптационной и регенерационной устойчивости.

Методы балльного и балльно-индексного оценивания. Метод сводных показателей.

Ограниченность их применения.

*Основные понятия темы:* устойчивость, потенциальная устойчивость, адаптационная устойчивость, регенерационная устойчивость, критерии устойчивости, дестабилизирующее воздействие, сукцессионное развитие, балльный метод, балльно-индексный метод.

*Вопросы для самопроверки*

Что обеспечивает устойчивость трофической сети?

В чем причина устойчивости экосистемы?

Какие экосистемы являются устойчивыми?

Как распределяется устойчивость экосистем по территории России?

Почему экосистемы, характеризующиеся высокой резистентной устойчивостью, обладают плохой упругой устойчивостью (например, почва) и, наоборот, экосистемы с плохой резистентной устойчивостью показывают высокую упругую устойчивость (например, лес)?

*Практическое занятие 6.1–6.2: «Критерии оценки состояния наземных экосистем»*

*Вопросы для обсуждения*

I. Критерии при биогеохимической оценке:

– изменение химического элементного состава компонентов окружающей природной среды (соотношение углерода и азота в почвах, поверхностных водах, растениях, растительных кормах, содержание токсичных химических веществ (ртути, кадмия, свинца, мышьяка и др.) в растениях и растительных кормах).

II. Критерии оценки состояния почвы:

– показатели физической деградации почв;

– показатели химического загрязнения (радиоактивное загрязнение, превышение ПДК химических веществ (с учетом классов опасности и по суммарному показателю химического загрязнения));

– показатели биологического загрязнения (число патогенных микроорганизмов, коли-титр и содержание яиц гельминтов), фитотоксичность (по данным биотестирования).

III. Критерии оценки состояния растительности (в зависимости от географических условий и типов экосистем):

– уменьшение биоразнообразия;

– плотность популяции видов-индикаторов;

– площадь коренных ассоциаций;

– лесистость;

– запас древесины основных лесобразующих пород;

– повреждение древостоев и хвойных пород техногенными выбросами;

– площадь посевов, поврежденных вредителями;

– проективное покрытие и продуктивность пастбищной растительности;

– изменение ареалов редких видов и др.

IV. Критерии состояния животного мира

– уменьшение биоразнообразия;

– плотность популяции видов индикаторов;

– снижение численности охотничье-промысловых видов.

V. Критерии для зоны чрезвычайной экологической ситуации и ЗОНЫ экологического бедствия:

– соотношение основных трофических групп и удельной массы одной из групп;

– нарушение взаимосвязей внутри системы;

– статические показатели (биомасса, численность, возрастная структура, видовой состав и др.);

– динамические критерии оценки состояния экосистем (скорость нарастания негативных изменений природной среды: уменьшения биоразнообразия,

биопродуктивности, расширения площади нарушенных земель).

#### *Задание для самостоятельной работы*

Когда говорят о высокой резидентной устойчивости, то имеется в виду именно высокий запас жесткости данной системы.

Проанализируйте с точки зрения устойчивости и стабильности:

- экосистему тундры;
- экосистему тайги;
- экосистему степи;
- экосистему дождевого тропического леса;

Какие экосистемы можно назвать хрупкими?

Почему у тундры малый запас жесткости, то есть малая резидентная устойчивость?

Литература: [1], [2], [4], [5], [7], [8], [9], [10], [12], [13], [14], [15], [19], [20].

#### **Тема 7 Оценки устойчивости водных экосистем**

##### *Лекция*

Критерии оценки устойчивости. Индикаторный подход к оценке устойчивости. Выбор критерия, по которому следует определять устойчивость природной экосистемы, диктуется предъявляемыми к экосистеме требованиями. Необходимость оценки устойчивости биогеохимического круговорота в случае характеристики поступающих из экосистемы веществ (например, качество воды в вытекающей из водоема реке).

Необходимость определения устойчивости экосистемы к сохранению числа видов крупных организмов, с жизненным циклом порядка года и более (макрофиты, рыбы, земноводные, моллюски, олигохеты и др.) при сохранении водной экосистемы в неизменном состоянии. Устойчивость численности видов сообщества предполагает также устойчивость его трофической структуры.

Зависимость устойчивости от силы воздействия. Оценка степени воздействия внешнего фактора на состояние экосистемы через систему гидроэкологического мониторинга для получения конкретного значения репрезентативного параметра (параметров), отражающих системные свойства, до воздействия и после него. Система параметров, характеризующих устойчивость водных экосистем.

Важно выбора оптимальных критериев устойчивости сообществ, которые следует положить в основу метода ее количественной оценки. Градации и шкалы устойчивости слабо разработаны и не обобщены в отечественной и зарубежной литературе.

Наиболее часто используются количественные характеристики различных форм устойчивости, основанные на интегральных показателях обилия (традиционно — биомасса, численность организмов в сообществе или биоте в целом; реже — также энергетические показатели). Устойчивость экосистемы, рассматриваемая безотносительно воздействия на нее, может быть оценена только по степени постоянства этих количественных характеристик, для оценки устойчивости к воздействию этого явно недостаточно. Важность оценки постоянства во времени количественных показателей с учетом их сезонной изменчивости для характеристики резистентной устойчивости и получения экологически обоснованных нормативов, регулирование и прогнозирование воздействия.

Для оценки упругой устойчивости к воздействию важна не степень их вызываемого изменения, а скорость и полнота восстановления их исходных значений. Упругость экосистем оценивается временем полного восстановления их количественных характеристик или обратной величиной — скоростью восстановления. Необходимость конкретных значений параметров до воздействия и после воздействия.

Уязвимость экосистемы как степень ее зависимости от внешних воздействий, которые могут привести к нарушению ее структуры и функционирования, т.е. к потере стабильности (пусть даже временной). Степень уязвимости различных акваторий должна определять возможные потери биомассы гидробионтов и продуктивности биоценозов в

случае загрязнения или отчуждения тех или иных акваторий при промышленной эксплуатации шельфа (разработка полезных ископаемых и т. п.). Анализ токсикологической уязвимости водных экосистем по совокупности максимально большого перечня характеристик.

Эвтрофирование. Причины эвтрофирования. Последовательность процессов изменения трофического статуса водоема. Олиго-мезотрофные и олиго-мезосапробные экосистемы как наиболее благополучные водные экосистемы, но достаточно уязвимые для внешнего воздействия и изменения свойств и параметров режимов в силу своих физико-географических, климатических, гидрологических и других особенностей.

*Основные понятия темы:* индикаторный подход, гидроэкологический мониторинг, критерии устойчивости, градации и шкалы устойчивости, уязвимость водной экосистемы, трофическая структура, трофический статус, эвтрофирование, уязвимость экосистемы.

*Вопросы для самопроверки*

1. Дайте основные определения, связанные с устойчивостью.
2. Объясните основные отличия между адаптационной и регенерационной устойчивостью.
3. Дайте определение потенциальной устойчивости.
4. Может ли устойчивость характеризовать «здоровье системы»?
5. Расскажите об индикаторном подходе к оценке устойчивости.
6. Почему видовая структура водной экосистемы фактически не обладает сопротивляемостью?

*Практическое занятие 7.1 «Характеристика устойчивости водных экосистем»*

Контрольные вопросы:

1. Индикаторный подход к оценке устойчивости.
2. Устойчивость трофической структуры.
3. Перечислите параметры, характеризующие устойчивость водных экосистем.
4. Почему при характеристике устойчивости необходимо учитывать биогеохимический круговорот?
5. Какие характеристики входят в интегральный показатель обилия?
6. Что включает в себя понятие токсикологической уязвимости водных экосистем?
7. Напишите формулу для расчета суммарного индекса загрязнения воды.
8. Какова последовательность процессов изменения трофического статуса водоема?

*Практическое занятие 7.2 «Процесс «старения» водоемов»*

Контрольная работа

1. Классические критерии оценки состояния водоемов (по А. Тинеманну и Э. Науманну).
2. Механизм естественного эвтрофирования.
2. Механизм антропогенного эвтрофирования.
3. Характеристика отдельных этапов эвтрофирования.
4. Граничные концентрации содержания фосфора для разделения водоемов по трофности.
5. Причины возникновения заморных зон в водоеме.

Литература: [2], [4], [5], [6], [8], [11], [13], [15], [16], [17], [18], [19], [20].

## **Тема 8. Оценка устойчивости ландшафта**

*Лекция*

Устойчивость как одно из важнейших свойств любых природных, природно-хозяйственных и хозяйственных систем, определяющее саму возможность существования геосистемы, ее развитие, эффективность и степень допустимой хозяйственной деятельности на данной территории.

Устойчивость ландшафта как способность сохранять свои параметры при воздействии

или возвращаться в прежнее состояние после цикла внешнего воздействия, это колебания вокруг некоторого среднего состояния. Чем шире природный диапазон состояний ландшафта, тем меньше вероятность необратимой трансформации после возмущающих воздействий. Внутренние механизмы саморегулирования ландшафта.

Наиболее устойчивый компонент ландшафта — литогенная основа, в случае нарушения не способная восстанавливаться. Ее стабильность как важная предпосылка устойчивости ландшафта. Пределы устойчивости. Выявление порога устойчивости.

Выявление связи свойств природных компонентов ландшафта с устойчивостью к антропогенным нагрузкам (гравитационный или денудационный потенциал территории, уклон местности, длина склонов, механический состав и мощность почвогрунтов, увлажненность территории, климатические характеристики, почвы, биота).

Биота как важнейший стабилизирующий фактор в саморегулировании ландшафтов, приспособляющаяся к различным условиям и восстанавливающаяся. Интенсивные биологические круговороты и биологическая продуктивность — одно из главных условий устойчивости ландшафтов.

Неодинаковая устойчивость ландшафтов к специфическим антропогенным воздействиям. Неустойчивость тундровых и северо-таежных ландшафтов к кислотному загрязнению по сравнению с лесостепными и сухостепными ландшафтами, обусловленная типом почв. Недостаток тепла как фактор слабого развития почв в тундровых ландшафтах, определяющего неустойчивость к техногенным нагрузкам и медленное восстановление. Нарушение теплового равновесия многолетнемерзлых пород вследствие разрушения растительного и почвенного покровов и влекущего просадки грунтов, разрушение инфраструктуры. Устойчивость таежных ландшафтов из-за лучшей обеспеченности теплом, большего разнообразия растительности, интенсивного влагооборота, способствующего удалению подвижных форм загрязняющих веществ, но замедленность биохимического круговорота.

Высокая устойчивость ландшафтов степной и, в меньшей степени, лесостепной зон вследствие благоприятного соотношения тепла и влаги. Высокая биохимическая активность черноземов степных ландшафтов способствует их самоочищению.

Малая устойчивость пустынных ландшафтов вследствие дефицита влаги, малой мощности почв, бедности растительности

Существенное различие в устойчивости между склоновыми и равнинными ландшафтами к автотранспортным, рекреационным и пастбищным механическим нагрузкам.

При оценке устойчивости природных территориальных комплексов к внешнему (антропогенному) воздействию в качестве определяющей принимается их способность к преодолению этого воздействия, зависящая от его энергетики и проявляющаяся в скорости его восстановления. Очень низкая устойчивость природных систем также означает невысокий уровень устойчивости антропогенных элементов в ландшафте, поскольку они будут разрушаться вместе со структурой ландшафта под воздействием внешних факторов.

*Основные понятия темы:* внутренние механизмы саморегулирования ландшафта, условия устойчивости ландшафтов, устойчивость к антропогенным нагрузкам.

*Вопросы для самопроверки:*

1. Дайте характеристику понятия устойчивости ландшафтов.
2. Назовите внутренние механизмы саморегулирования ландшафта.
3. Какой компонент ландшафта является в природе наиболее устойчивым?
4. Перечислите свойства природных компонентов ландшафта, влияющие на его устойчивость.
5. Почему биота является важнейшим стабилизирующим фактором в саморегулировании ландшафтов?
6. Чем обусловлена неодинаковая устойчивость ландшафтов к природным

воздействиям?

7. Чем обусловлена неодинаковая устойчивость ландшафтов к специфическим антропогенным воздействиям?
8. Перечислите уязвимые ландшафты.
9. Как различается устойчивость склоновых и равнинных ландшафтов к автотранспортным, рекреационным и пастбищным механическим нагрузкам?

*Практические занятия 8.1 и 8.2: «Оценка устойчивости ландшафта к изменению параметров режимов»*

*Контрольные вопросы:*

- I. Ландшафтно-динамический подход к устойчивости
    - потенциальная устойчивость (инертность) как способность геокомплексов противостоять внешнему воздействию, сохранять свое состояние в течение заданного интервала времени неизменным в условиях естественного изменения элементов режимов;
    - восстанавливаемость как способность возвращаться в то состояние, которое наблюдалось до возмущающего воздействия;
    - вариантность поведения (пластичность) как возможность реализации различных динамических траекторий после или в период осуществления воздействия.
  - отсутствие универсального критерия;
  - II. Оценки устойчивости на основе индикаторного подхода. Оценка устойчивости на основе индекса биологической эффективности климата.
    - индекс биологической эффективности климата как интегральный критерий тепло- и влагообеспеченности, от которого зависит устойчивость ландшафта;
  - III. Балльная оценка устойчивости ландшафта:
    - устойчивость ландшафта как способность сохранять свою структуру и функционирование при внешних воздействиях;
    - определяющее влияние климатических факторов;
    - роль радиационного баланса;
    - роль степени увлажнения;
    - роль ветрового режима.
  - III. Защита рефератов
- Литература: [1], [2], [4], [5], [9], [12], [13], [15], [19], [20].

**Темы рефератов по разделу 1: «Оценка состояния наземных и водных экосистем, оценка состояния ландшафта»**

1. Пороговая и критическая величины параметры состояния экосистемы и её компонентов.
2. Литогенная основа и почва как компоненты наземных экосистем.
3. Средообразующие свойства фитоценоза.
4. Проблемы оценки состояния зооценоза.
5. Использование статических и динамических характеристик популяций в оценке состояния экосистем.
6. Индексы видового разнообразия.
7. Индексы токсобности (трофосапробности), индексы Шеннона, Пантле-Бука и др.
8. Требования к выбору показателей состояния водных экосистем.
9. Недостатки существующих систем нормирования антропогенного воздействия на водные экосистемы.
10. Влияние антропогенных факторов на наземные и водные экосистемы.
11. Биологические показатели качества воды.
12. Компонентный подход к природным территориальным комплексам (ПТК).
13. Поверхностный сток как информативный интегральный показатель реакции ландшафта на антропогенное воздействие.

14. Оценка изменчивости морфологической структуры ландшафта.

### **Темы рефератов по разделу 2: «Оценка устойчивости наземных и водных экосистем, оценка устойчивости ландшафтов»**

1. Современные представления об устойчивости экосистем.
2. Механизмы устойчивости абиотических и биотических компонентов экосистемы.
3. Анализ устойчивости наземных экосистем к внешним факторам окружающей среды.
4. Анализ устойчивости наземных экосистем к антропогенному влиянию.
5. Отсутствие универсального показателя оценки устойчивости наземных экосистем.
6. Анализ устойчивости водоёмов к эвтрофированию и ацидификации.
7. Недостатки существующих систем нормирования антропогенного воздействия на водные экосистемы.
8. Этапы разработки экологических критериев оценки устойчивости вод и водных экосистем.
9. Отсутствие универсального показателя оценки устойчивости водных экосистем.
10. Устойчивость ландшафта как его способность сохранять свою структуру и функционирование при внешних воздействиях.
12. Устойчивость структурных компонентов ландшафта.
13. Энергетическая концепция устойчивости ландшафта к антропогенному воздействию, подходы к количественной оценке устойчивости.
14. Экологическая оценка состояния экосистем и их компонентов как основа экологического нормирования. Концепция критических нагрузок.

## **5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся**

### **5.1. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов**

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, научных публикаций;
- выполнение домашних заданий в форме подготовки рефератов;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на подготовку к практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к семинарским занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

#### *Самостоятельная работа по разделу 1:*

Работа с конспектом лекций и рекомендованной литературой (1 и дополнительная).

Подготовка материалов к контрольному опросу по изученным темам, практическим занятиям, контрольным работам, подготовка реферата, диалогам с преподавателем и участниками проверки знаний первого дисциплинарного раздела.

#### *Самостоятельная работа по разделу 2:*

Работа с конспектом лекций и рекомендованной литературой (1 и дополнительная). Подготовка материалов к контрольному опросу по изученным темам, практическим занятиям, контрольным работам, подготовка реферата, диалогам с преподавателем и участниками проверки знаний второго дисциплинарного раздела.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Оценка состояния и устойчивости экосистем» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (зачет с оценкой)**

1. Структурная и функциональная организация экосистем. Оценка и диагностика.
2. Основной принцип устойчивости экосистемы.
3. Механизмы поддержания стабильности природных комплексов. Предпосылки преобразования экосистем в процессе функционирования.
4. Экосистемный анализ как комплексный подход, сочетающий качественный и количественный анализ.
5. Критерии оценки состояния почв.
6. Критерии оценки состояния растительности.
7. Критерии оценки состояния животного мира (показатели на уровне зооценоза, отдельных видов и популяций).
8. Критерии оценки состояния водных экосистем.
9. Критерии оценки качества вод по данным гидробиологического анализа.
10. Статические и динамические показатели популяции.
11. Совокупная оценки состояния загрязненности водных объектов.
12. Выявление зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия для водных объектов.
13. Критерии оценки состояния ландшафтов.
14. Два этапа оценки экосистем: диагностика (экологическая регламентация) и оценка воздействия (экологическое нормирование).
15. Критерии оценки устойчивости природных экосистем.
16. Критерии оценки устойчивости наземных экосистем.
17. Критерии для зоны чрезвычайной экологической ситуации и зоны экологического бедствия.
18. Критерии оценки устойчивости водных экосистем.
19. Этапы эвтрофирования водоемов.
20. Уязвимость водной экосистемы как степень ее зависимости от внешних воздействий.
21. Критерии оценки устойчивости ландшафтов.
22. Устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам.
23. Отличие природной устойчивости экосистем от устойчивости техноприродных систем.
24. Биосфера как саморегулирующаяся система.

## 7 Рекомендуемая литература

### 7.1 Основная:

1. Саркисов О.Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: учеб. пособие. — М.: Юнити, 2013. — 231 с. (7 экз.)
2. Арустамов Э.А. Природопользование: учебник. — М.: Дашков и К, 2004. — 312 с. (11 экз.)

### 7.2 Дополнительная:

3. Медведев В.И. Экологическое сознание: учеб. пособие. — М.: Логос, 2001. — 384 с. (19 экз.)
4. Короновский Н.В. Геоэкология: учеб. пособие. — М.: Академия, 2011. — 384 с. (5 экз.)

## 8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

5. Боголюбов А.С. Комплексная экологическая оценка антропогенных воздействий на местность — [Электронный ресурс] — URL: <http://ecosystema.ru/04materials/manuals/56.htm>

6. Гиляров А.М. Популяционная экология. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 191 с. [Электронный ресурс] — URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1654577728&tld=ru&name=Gilyarov\\_1990.pdf&text=%D0%93%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%90.%D0%9C.%20%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F.%20%E2%80%94%D0%9C.%20%D0%9C%D0%93%D0%A3%2C%201990.%20%E2%80%94%20191%20%D1%81.&url=https%3A%2F%2Fbatrachos.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpictures%2FEco\\_Books%2FGilyarov\\_1990.pdf&lr=78&mime=pdf&10n=ru&sign=8555e96ec42e7bceb1b9a4747066f559&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1654577728%26tld%3Dru%26name%3DGilyarov\\_1990.pdf%26text%3D%D0%2593%D0%25B8%D0%25BB%D1%258F%D1%2580%D0%25BE%D0%25B2%D0%2590.%25D0%259C.%2B%D0%259F%D0%25BE%D0%25BF%D1%2583%D0%25BB%D1%258F%D1%2586%D0%25B8%D0%25BE%D0%25BD%D0%25BD%D0%25B0%D1%258F%2B%D1%258D%D0%25BA%D0%25BE%D0%25BB%D0%25BE%D0%25B3%D0%25B8%D1%258F.%2B%25E2%2580%2594%2B%D0%259C.%253A%2B%D0%259C%D0%2593%D0%A3%252C%2B1990.%2B%25E2%2580%2594%2B191%2B%D1%2581.%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fbatrachos.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpictures%2FEco\\_Books%2FGilyarov\\_1990.pdf%26lr%3D78%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D8555e96ec42e7bceb1b9a4747066f559%26keyno%3D0%26nosw%3D1](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1654577728&tld=ru&name=Gilyarov_1990.pdf&text=%D0%93%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%90.%D0%9C.%20%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F.%20%E2%80%94%D0%9C.%20%D0%9C%D0%93%D0%A3%2C%201990.%20%E2%80%94%20191%20%D1%81.&url=https%3A%2F%2Fbatrachos.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpictures%2FEco_Books%2FGilyarov_1990.pdf&lr=78&mime=pdf&10n=ru&sign=8555e96ec42e7bceb1b9a4747066f559&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1654577728%26tld%3Dru%26name%3DGilyarov_1990.pdf%26text%3D%D0%2593%D0%25B8%D0%25BB%D1%258F%D1%2580%D0%25BE%D0%25B2%D0%2590.%25D0%259C.%2B%D0%259F%D0%25BE%D0%25BF%D1%2583%D0%25BB%D1%258F%D1%2586%D0%25B8%D0%25BE%D0%25BD%D0%25BD%D0%25B0%D1%258F%2B%D1%258D%D0%25BA%D0%25BE%D0%25BB%D0%25BE%D0%25B3%D0%25B8%D1%258F.%2B%25E2%2580%2594%2B%D0%259C.%253A%2B%D0%259C%D0%2593%D0%A3%252C%2B1990.%2B%25E2%2580%2594%2B191%2B%D1%2581.%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fbatrachos.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpictures%2FEco_Books%2FGilyarov_1990.pdf%26lr%3D78%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D8555e96ec42e7bceb1b9a4747066f559%26keyno%3D0%26nosw%3D1)

7. Глотова, Н.В. Мониторинг среды обитания: Учебное пособие к практическим занятиям. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. — 22 с. [Электронный ресурс] — URL: [https://www.susu.ru/sites/default/files/book/glotova\\_n.v.\\_monitoring\\_sredy\\_obitaniya\\_-\\_uch.posobie\\_k\\_k\\_prakticheskim\\_zanyatiyam\\_2006.pdf](https://www.susu.ru/sites/default/files/book/glotova_n.v._monitoring_sredy_obitaniya_-_uch.posobie_k_k_prakticheskim_zanyatiyam_2006.pdf)

8. Дмитриев В.В. Оценка состояния и устойчивости наземных и водных геосистем. Учебно-методическое пособие — СПб.: Медиапайп, 2020. — 200 с. [Электронный ресурс] — URL:

[https://pureportal.spbu.ru/en/publications/  
%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0-](https://pureportal.spbu.ru/en/publications/%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0-)

%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D1%8F-  
%D0%B8-  
%D1%83%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%  
81%D1%82%D0%B8-  
%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D0%B8-  
%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85-  
%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC-  
%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD

9. Кузьмина Ж.В., С.Е. Трешкин Методика оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах в результате климатических и гидрологических изменений //Экосистемы: экология и динамика, 2017, том 1, № 3, — С. 146–188. [Электронный ресурс] — URL: <https://yandex.ru/search/?text=%D0%9A%D1%83%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0+%D0%96.%D0%92.%2C+%D0%A1.%D0%95.+%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%BA%D0%B8%D0%BD+%2F%2F+%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%3A+%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F+%D0%B8+%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%2C+2017%2C+%D1%82%D0%BE%D0%BC+1%2C+%E2%84%96+3%2C+%E2%80%94+%D0%A1.+146%E2%80%93188.&lr=78>

text=%D0%9A%D1%83%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0+  
%D0%96.%D0%92.%2C+%D0%A1.%D0%95.+

%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%BA%D0%B8%D0%BD+%2F%2F+  
%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%  
8B%3A+%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F+  
%D0%B8+

%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%2C+2017%2  
C+%D1%82%D0%BE%D0%BC+1%2C+%E2%84%96+3%2C+%E2%80%94+  
%D0%A1.+146%E2%80%93188.&lr=78

10. Кузьмина Ж.В. 2017. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 10–25. [Электронный ресурс] — URL: <http://www.ecosystemsdynamic.ru>.

11. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций — Минск: БГУ, 2011. — 300 с. [Электронный ресурс] — URL: [https://ekolog.org/books/21/14\\_11.htm](https://ekolog.org/books/21/14_11.htm)

12. Соболева Н.П. Ландшафтоведение: учебное пособие / Н.П. Соболева, Е.Г. Языков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 175с. [Электронный ресурс] — URL: [http://window.edu.ru/resource/967/75967/files/soboleva\\_posobie.pdf](http://window.edu.ru/resource/967/75967/files/soboleva_posobie.pdf)

13. Экологический справочник. Устойчивость экосистем [Электронный ресурс] — URL: <https://ru-ecology.info/term/73496/>

14. Утегулов Н.И. Критерии оценки изменения природной среды [Электронный ресурс] — URL: <https://studfile.net/preview/2040043/page:17/>

15. Шарапов Д.Н. Устойчивость экологических систем [Электронный ресурс] — URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013007596>

16. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов / Монография. — М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА-им. К.А. Тимирязева, 2014. — 162 с. [Электронный ресурс] — URL:

<http://elib.timacad.ru/dl/full/2568.pdf/download/2568.pdf>

17. Признак или комплекс признаков, по которым производится оценка качества воды (ГОСТ 27065-86. «Качество вод. Термины и определения»). [Электронный ресурс] — URL: <https://gigabaza.ru/doc/4679-p2.html>

18. ГОСТ Р 58556-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168048>

19. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ. [Электронный ресурс] — URL: [http:// www.ecolawver.ru](http://www.ecolawver.ru).

20. «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» /Электронный

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным вопросам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение промежуточной аттестации.

Лекции посвящаются рассмотрению наиболее важных концептуальных вопросов, рассматривающих современные проблемы оценки состояния и устойчивости экосистем. В ходе лекций студентам следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на практическом занятии. Уделить внимание понятиям, которые обозначены обязательными для каждой темы дисциплины.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Практические занятия проводятся в форме семинаров; на них обсуждаются вопросы по теме, разбираются конкретные задания по изучаемой теме, обсуждаются рефераты, демонстрируются учебные фильмы. Для подготовки к занятиям семинарского типа студенты выполняют проработку рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины; конспектирование источников; работу с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы.

В ходе групповых и индивидуальных консультаций студенты имеют возможность получить квалифицированную консультацию по организации самостоятельного управления собственной деятельностью на основе анализа имеющегося у студента опыта обучения, используемых учебных стратегий, через обсуждение сильных сторон и ограничений стиля обучения, а также поиск ресурсов, предоставляемых вузом для достижения намеченных результатов; для определения темы и проблемы исследования, выполнения докладов по дисциплине, обсуждения научных текстов и текстов студентов для подготовки к интерактивным занятиям семинарского типа, для подготовки к контрольным точкам, в том числе итоговой; детально прорабатывать возникающие проблемные ситуации, осуществлять поиск вариантов их решения, определять преимущества и ограничения используемых средств для решения поставленных учебных задач, обнаруживать необходимость изменения способов организации своей работы и др.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

1. Лекция:

– лекция-визуализация — подача материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

2. Практическое занятие:

– тематический семинар — этот вид семинара готовится и проводится с целью акцентирования внимания, обучающихся на какой-либо актуальной теме или на наиболее важных и существенных ее аспектах. Тематический семинар углубляет знания студентов, ориентирует их на активный поиск путей и способов решения затрагиваемой проблемы.

## **10 Курсовой проект (работа)**

Выполнение курсового проекта (работы) не предусмотрено учебным планом.

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### **11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса**

- электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 8 рабочей программы;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

### **11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса**

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- операционные системы Astra Linux (или иная операционная система, включенная в реестр отечественного программного обеспечения);
- комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
- программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

### **11.3 Перечень информационно-справочных систем**

- справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
- справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения занятий лекционного типа, практических (семинарских) занятий групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются учебные аудитории 6-408, 6-507, 6-519 с комплектом учебной мебели.

Для самостоятельной работы обучающихся используется кабинеты 6-522; оборудован комплект учебной мебели, двумя компьютерами с доступом в информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации.

Технические средства обучения для представления учебной информации включают аудиторную доску, мультимедийное оборудование.

При изучении дисциплины используется библиотечный фонд КамчатГТУ: учебники, учебные пособия, периодические журналы, электронный ресурс; раздаточный материал (нормативно-правовые документы и др.).

## Дополнения и изменения в рабочей программе

Дополнения и изменения в рабочей программе за \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год  
В рабочую программу по дисциплине «Оценка состояния и устойчивости экосистем» для  
направления подготовки 05.04.06 «Природопользование» вносятся следующие  
дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)