



Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры



Международный
центр компетенций
в горнотехническом образовании
под эгидой ЮНЕСКО

**Международная специальная краткосрочная программа
Международного центра компетенций в горнотехническом
образовании под эгидой ЮНЕСКО**

**РАЗРАБОТАНА В РАМКАХ СОДЕЙСТВИЯ ЭКСПОРТА
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ**

**«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА»**

Уровень программы: общий

Форма обучения: очная

Объем программы: 72 часа

**Руководитель
программы:**

д.т.н., проф. Пашкевич М.А.

**Составитель
программы:**

к.т.н. Данилов А.С.



ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

1 Общие положения

1.1 Цель программы:

Цель программы – приобретение теоретических знаний и практических навыков организации и проведения оценки состояния компонентов окружающей среды.

1.2. Основные задачи программы

- **получение дополнительных знаний в области** оценки экологического состояния атмосферного воздуха, водных объектов, почв современными методами исследований; интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований;

- **получение дополнительных знаний в области** лабораторных методов исследований объектов окружающей среды.

1.3 Категория слушателей:

Студенты и аспиранты, обучающиеся по направлениям подготовки, связанным с науками о Земле, географией, геологией, геоэкологией, охраной окружающей среды.

1.4 Планируемые результаты обучения

Перечень дополнительных профессиональных компетенций, качественное изменение которых осуществляется в результате реализации программы обучения:

- способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий;

- способность выполнять интерпретацию полученных сведений об окружающей среде с использованием ГИС-технологий;

- способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации.

1.5 Требования к результатам освоения программы:

С целью достижения указанных в п. 1.4 дополнительных профессиональных компетенций, слушатели в процессе освоения Краткосрочной программы должны:

Получить знания по вопросам:

- изучения процессов миграции загрязняющих веществ, особенностей формирования техногенных атмо-, гидро и литохимических аномалий;

- современных ГИС-технологий, применяемых в геоэкологических исследованиях;

- основ рентгенофазового анализа образцов компонентов окружающей природной среды.

Развить умения:

- планирования основных мероприятий по организации и проведению производственного экологического мониторинга;

- расчета рассеивания (разбавления) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (водных объектах);

- выполнения оценки качества атмосферного воздуха, а также выявления нарушений объектов окружающей среды с применением беспилотных авиационных систем.

Приобрести навыки:

- применения ГИС-технологий, интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований;

- владения современными методами лабораторного (рентгенофазового) анализа;

- проведения биологического мониторинга окружающей среды, определения основных характеристик экосистем.

1.6. Календарный учебный график

Условные обозначения:

Теоретическое обучение	час
Итоговая аттестация	ИА

Форма обучения	Дни недели/ауд. час										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
очная	2	8	10	8	10	-	-	8	8	10	8 ИА

1.7. Учебный план:

№	Наименование дисциплин (модуля)	Всего часов	В том числе					
			Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Выездные мастер-классы	Итоговая аттестация
1	Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды	4	4	-	-	-	-	-
2	Модуль 1. Дистанционные методы экологических исследований	14	2	-	2	-	10	-
3	Модуль 2. ГИС-технологии в природопользовании	10	4	6	-	-	-	-
4	Модуль 3. Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды	18	2	2	4	-	10	-
5	Модуль 4. Основы методов рентгеновской дифракции	18	2	8	-	-	8	-
7	Итоговая аттестация	8	-	2	-	4	-	2
	Всего	72	14	18	6	4	28	2

1.8 Объем программы и виды учебной работы:

Вид учебной работы	Часы
Лекционные занятия	14
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	6
Выездные мастер-классы	28
Итоговая аттестация	2
Всего очных занятий	68
Самостоятельная работа, включая подготовку к итоговой аттестации	4
Общий объем программы	72

2. Содержание обучения:

2.1 Содержание обучения по программе:

Наименование разделов профессионального модуля, тем	Содержание учебного материала	Объем часов
Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды	<ul style="list-style-type: none">• Задачи экологического мониторинга• Масштаб и интенсивность антропогенного воздействия в современных условиях развития техники• Основные принципы организации производственного экологического контроля на особо опасных и технически сложных объектах промышленности	4
Модуль 1. Дистанционные методы экологических исследований	<ul style="list-style-type: none">• Применение дистанционных методов в экологическом мониторинге• Основы использования беспилотных авиационных систем• Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	14
Модуль 2. ГИС-технологии в природопользовании	<ul style="list-style-type: none">• Использование ГИС-технологий в оценке состояния окружающей среды мегаполиса• Основы построения трехмерных цифровых моделей местности• Интегральная оценка загрязнения компонентов окружающей среды на нарушенных территориях	10
Модуль 3. Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды	<ul style="list-style-type: none">• Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды• Основы определения характеристик экосистем• Экологический мониторинг функционирования особо-охраняемых природных территорий	18
Модуль 4. Основы методов рентгеновской дифракции	<ul style="list-style-type: none">• Применение методов рентгеновской дифракции при анализе объектов окружающей среды• Основы пробоподготовки и типовой рентгенофазовый анализ• Обработка результатов измерений рентгенофазового анализа. Работа с базой данных ASTM	18

2.2. Рабочие программы дисциплин (модулей) – представлены в Приложении 1.

2.3. Формы аттестаций по программе:

Для оценки качества усвоения знаний, умений и опыта деятельности предусмотрены текущий и итоговый виды контроля.

Текущий контроль успеваемости осуществляется на основе тестов, которые содержат контрольные вопросы по каждому изучаемому модулю и должны быть сданы обучающимися в ходе учебного периода.

Форма итоговой аттестации по программе – экзамен.

К экзамену допускаются только те слушатели, которые успешно сдали все тесты по изученным модулям.

2.4 Оценочные материалы:

2.4.1 Примерный перечень вопросов для подготовки к тестам и экзамену:

1. Производственный экологический мониторинг.
2. Основные этапы развития ДЗЗ.
3. Основные типы пространственных данных.
4. Использование беспилотных авиационных систем в гражданских целях.
5. Области применения ДЗЗ при решении задач оценки качества природных ресурсов.
6. Основные признаки и классификации ГИС.
7. Базы данных в ГИС, поиск информации.
8. Инструменты ГИС-анализа. Оверлейные операции.
9. Модели представления поверхностей.
10. Функция выбора объектов. Техника составления SQL-запросов.
11. Особенности использования организмов в качестве биоиндикаторов.
12. Биотические индексы при оценке качества атмосферного воздуха.
13. Биоиндикация континентальных водных объектов.
14. Взаимосвязь видового разнообразия сообществ и уровня загрязнения окружающей среды.
15. Биорегуляция и гидробиологический мониторинг.
16. Общие сведения о методе Дебая-Шеррера.
17. Устройство дифрактометра XRD-7000 / флуоресцентного спектрометра XRF-1800.
18. Оборудование пробоподготовки твердых образцов.
19. Методы работы в базе данных ASTM.
20. Обработка спектра ренгеновской флуорисценции.

2.4.2 Примерный перечень тестовых заданий для текущего контроля

№	Вопрос	Варианты ответа
1.	Цифровое представление объектов в виде совокупности ячеек растра (пикселей) с присеваемыми им значениями класса объектов называется....	1. векторная модель данных 2. цифровая модель данных 3. растровая модель 4. топологическая модель данных
2.	Модель данных в которой положение элементов (пикселей) определяется номером столбца и строки называется...	1. векторная модель данных 2. цифровая модель данных 3. растровая модель 4. топологическая модель данных
3.	Минимальный размер наименьшего участка пространства (поверхности), отображаемой одним пикселем называется...	1. разрешение 2. ориентация 3. значение 4. положение
4.	Упорядоченная пара координат, которая однозначно определяет положение каждого элемента пространства в растре называется...	1. разрешение 2. ориентация 3. значение 4. положение

№	Вопрос	Варианты ответа
5.	Получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние – это ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. экологический мониторинг 2. дистанционное зондирование земли 3. дистанционный экологический мониторинг 4. аэрофотосъемка
6.	Дистанционное зондирование Земли является	<ol style="list-style-type: none"> 1. контактным методом экологического мониторинга 2. бесконтактным методом экологического мониторинга 3. прямым методом экологического мониторинга 4. косвенным методом экологического мониторинга
7.	Двумерное изображение реальных объектов, которое получено по определенным геометрическим и радиометрическим законам путем дистанционной регистрации яркости объектов и предназначено для исследования видимых и скрытых объектов, явлений и процессов окружающего мира, а также для определения их пространственного положения – это ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. сцена съемки 2. панорамный снимок 3. аэрокосмический снимок 4. панхроматический снимок.
8.	Что из перечисленного не относится к дополнительной информации при аэрокосмической съемке?	<ol style="list-style-type: none"> 1. карта 2. математическая модель 3. снимок 4. прогноз
9.	Что такое «окно прозрачности»?	<ol style="list-style-type: none"> 1. спектральный диапазон светового излучения 2. области, где наблюдается ясная погода 3. элемент радара, улавливающий обратные сигналы, прошедшие через атмосферу 4. место пропускания ИК-лучей
10.	Какой критерий НЕ является преимуществом при выборе биоиндикатора?	<ol style="list-style-type: none"> 1. доступность для наблюдения 2. распространенность в зоне исследования 3. принадлежность к последнему звену трофической цепи 4. важная роль в экосистеме
11.	Если отслеживается реакция организма-индикатора, которая одинакова для воздействия различных факторов, то это пример...	<ol style="list-style-type: none"> 1. правильной биоиндикации 2. активного биомониторинга 3. неспецифической биоиндикации 4. качественной биоиндикации

№	Вопрос	Варианты ответа
12.	Основное преимущество методов оценки качества среды с использованием только абиотических характеристик...	1. дешевизна 2. количественное выражение результатов 3. чувствительность 4. надежность
13.	Коэффициент биоконцентрирования это отношение концентрации экотоксиканта в организме к концентрации.....?	1. воды в организме 2. экотоксиканта в воде 3. организмов в воде 4. воды в экотоксиканте
14.	Дать определение времени жизни экотоксиканта в природном объекте	1. отношение массы экотоксиканта к объему объекта 2. отношение мощности источника токсиканта к мощности его стока 3. отношение массы токсиканта к мощности стока 4. отношение массы токсиканта к мощности источника

2.4.3 Критерии оценок итоговой аттестации

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

2.5. Учебно-методические материалы (в том числе конспекты лекций) – представлены в Приложении 2.

2.6. Вид документа, подтверждающий прохождение обучения:

После успешного окончания обучения выдается сертификат о прохождении Международной специальной краткосрочной программы под эгидой Международного центра ЮНЕСКО: «Современные методы экологического мониторинга».

3 Организационно-педагогические условия реализации программы:

3.1 Материально-технические условия реализации программы:

Для реализации программы используются: аудитории кафедры геоэкологии, оснащенные интерактивными мультимедиа-досками для проведения лекций, практических занятий; компьютерный класс кафедры геоэкологии оснащенный 14-ю моноблоками для работы обучающихся с подключенным к ним мультимедийным оборудованием; помещения лаборатории Моделирования экологической обстановки, оборудованные высокотехнологичным аналитическим оборудованием. При проведении выездных мастер-классов требуются комплекты гарнитуры для экскурсий на производстве, включающие микрофон-передатчик для руководителя группы и индивидуальные наушники-приемники для каждого слушателя программы. Для выполнения выездного мастер-класса «Дроны в экологическом мониторинге» используется комплекс экологического мониторинга на базе беспилотных авиационных систем из состава лаборатории моделирования экологической обстановки.

3.2. Кадровое обеспечение образовательного процесса по программе:

№	Фамилия, Имя, Отчество	Образование (вуз; год окончания; специальность)	Должность, ученая степень, звание, стаж работы в данной или аналогичной области, лет	Количество научных и учебно-методических публикаций
Руководитель программы				
1	Пашкевич Мария Анатольевна	Ленинградский горный институт имени Г.В. Плеханова, 1985 год, гидрогеология и инженерная геология	Горный университет, профессор, д.т.н., проф., 35 лет	Более 100
Профессорско-преподавательский состав программы				
2	Кремчеев Эльдар Абдоллович	Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), 2000 год, горные машины	Горный университет, профессор, д.т.н., доц., 20 лет	Более 50
3	Поваров Владимир Глебович	Ленинградский государственный университет, 1984 год, химия	Горный университет, старший научный сотрудник, д.х.н., доц., 25 лет	Более 70
4	Данилов Александр Сергеевич	Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015 год, инженерная защита окружающей среды	Горный университет, ассистент, к.т.н., 5 лет	Более 50
5	Петров Денис Сергеевич	Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), 2001 год, инженерная защита окружающей среды	Горный университет, доцент, к.т.н., доц. 20 лет	Более 70
6	Стриженок Алексей Владимирович	Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2012 год, инженерная защита окружающей среды	Горный университет, доцент, к.т.н., 7 лет	Более 50

Приложение 1
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Современные методы экологического мониторинга»

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды»

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование дисциплины (модуля)/наименование тем дисциплины (модуля)	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			Лекц.	Практич. (лаб.)	Самост.	Мастер-класс	
1	<i>Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды</i>	4	4	-	-	-	-
1.1.	<i>Установочная лекция зав. кафедрой и специалистов кафедры</i>	2	2	-	-	-	-
1.2.	<i>Современный подход к организации мониторинга окружающей среды</i>	2	2	-	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции*
1	<i>Установочная лекция зав. кафедрой и специалистов кафедры</i>	2	способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий (получение знаний по вопросам изучения процессов миграции загрязняющих веществ, особенностей формирования техногенных атмо-, гидро и литохимических аномалий)
2	<i>Современный подход к организации мониторинга окружающей среды</i>	2	способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий (получение знаний по вопросам изучения процессов миграции загрязняющих веществ, особенностей формирования техногенных атмо-, гидро и литохимических аномалий)

3. Содержание дисциплины (модуля)

Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды (4 час.)

Уровни экологического контроля: глобальный (межгосударственный), государственный, региональный, локальный. Задачи каждого уровня экологического контроля в выявлении критических и экстремальных ситуаций, факторов антропогенного воздействия на окружающую среду, оценке и прогнозе состояния объектов наблюдения, воздействием для регулирования взаимного влияния объектов техносферы, гидросферы, литосферы, атмосферы, биоты. Организация контроля за состоянием окружающей в России и за рубежом.

4. Перечень занятий семинарского типа – занятия семинарского типа не предусмотрены

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды

1. Экологический мониторинг : учебное пособие / Т.Я. Ашихмина, Г.Я. Кантор, А.Н. Васильева [и др.] ; под редакцией Т. Я. Ашихминой. — 4-е изд. — Москва : Академический Проект, 2020. — 416 с. — ISBN 978-5-8291-2994-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/132173> (дата обращения: 02.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Наумов, П.П. Основы комплексного мониторинга ресурсов природопользования. Теория, методология, концепция : учебник / П.П. Наумов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-3448-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115504> (дата обращения: 02.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Модуль 1. Дистанционные методы геоэкологических исследований»

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование дисциплины (модуля)/наименование тем дисциплины (модуля)	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			Лекц.	Практич. (лаб.)	Самост.	Мастер-класс	
1	<i>Модуль 1. Дистанционные методы геоэкологических исследований</i>	14	2	-	-	10	текущий
1.1.	<i>Дроны в экологическом мониторинге</i>	12	2	-	-	10	-
1.2.	<i>Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки</i>	2	-	2	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1	<i>Дроны в экологическом мониторинге</i>	12	способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий (развитие умений планирования основных мероприятий по организации и проведению производственного экологического мониторинга; развитие умений выполнения оценки качества атмосферного воздуха, а также выявления нарушений объектов окружающей среды с применением беспилотных авиационных систем)
2	<i>Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки</i>	2	способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий (получение знаний по вопросам изучения процессов миграции загрязняющих веществ, особенностей формирования техногенных атмо-, гидро и литохимических аномалий)

3. Содержание дисциплины (модуля)

Дистанционные методы геоэкологических исследований (14 час.)

Основные понятия и терминология. Изобразительные и измерительные свойства дистанционной основы. Разновидности дистанционных материалов, используемых при геоэкологическом дешифрировании. Масштабы исследований и решаемые задачи.

Дешифрирование рельефа земной поверхности, эндо- и экзогенных процессов (выветривания, влияния льда и снега, воздействия поверхностных и подземных вод, влияния гравитационных и эоловых процессов, воздействия многолетнего и сезонного промерзания, сейсмические проявления), объектов техногенного характера.

Качественное и количественное описание отдельных ландшафтов, в том числе техногенного характера. Выявление геомеханических и гидродинамических нарушений.

Обработка и дешифрирование дистанционной основы программными способами (Scanex Image Processor). Геопривязка растровой основы, работа с векторными слоями, построение цифровых моделей рельефа (Golden Software Surfer).

Практическое освоение современных беспилотных авиационных систем (БАС). Классификация БАС. Основы нормативно-правовой базы применения БАС. Использование БАС в экологии и природопользовании. Конструктивные особенности современных БАС. Выполнение практических исследований на территории полигона Горного университета.

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Дроны в экологическом мониторинге	мастер-класс	10
2	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	лабораторное занятие	2

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Дистанционные методы геоэкологических исследований

1. Антонушкина С.В. и др. Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли. - М.: Физматлит, 2015. - 460 с.
2. Балагуров А.А., Моисеев И.М. и др. Земля из космоса: законодательство, правовое регулирование и судебная практика. - М.: 2014. – 192 с.
3. Баркан М.Ш., Мовчан И.Б. Геоинформационные системы и решаемые ими задачи: учебное пособие. - СПб.: ЭлекСис, 2015. - 105 с.
4. Белов М.Л. Оптико-электронные спутниковые системы мониторинга природной среды. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 71 с.
5. Владимиров В.М. и др. Дистанционное зондирование Земли. – Красноярск: СФУ, 2014. - 196 с.
6. Коберниченко В.Г. Радиоэлектронные системы дистанционного зондирования Земли. Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2016. - 220 с.
7. Мовчан И.Б., Яковлева А.А. Спутники и космические снимки как составляющие системы обеспечения первичной оценки природной обстановки. Учебное пособие. - СПб.: ЭлекСис, 2015. - 118 с.
8. Пашкевич М.А., Петрова Т.А. Картография природопользования с основами ГИС: учебное пособие. - СПб.: Экспертные решения, 2017. - 272 с.
9. Шпаков П.С. Основы компьютерной графики: учебное пособие / П.С. Шпаков, Ю.Л. Юнаков, М.В. Шпакова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. - 398 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Модуль 2. ГИС-технологии в природопользовании»

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование дисциплины (модуля)/наименование тем дисциплины (модуля)	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			Лекц.	Практич. (лаб.)	Самост.	Мастер-класс	
1	Модуль 2. ГИС-технологии в природопользовании	10	4	6	-	-	текущий
1.1.	<i>Использование ГИС-технологий в оценке состояния окружающей среды мегаполиса</i>	4	4	-	-	-	-
1.2.	<i>Основы построения трехмерных цифровых моделей местности</i>	4	-	4	-	-	-
1.3	<i>Интегральная оценка загрязнения компонентов окружающей среды на нарушенных территориях</i>	2	-	2	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1	<i>Использование ГИС-технологий в оценке состояния окружающей среды мегаполиса</i>	4	способность планировать и организовывать проведение мониторинга окружающей среды на основе дистанционного зондирования и ГИС-технологий (развитие умений планирования основных мероприятий по организации и проведению производственного экологического мониторинга; получение знаний по вопросам современных ГИС-технологий, применяемых в геоэкологических исследованиях)
2	<i>Основы построения трехмерных цифровых моделей местности</i>	4	способность выполнять интерпретацию полученных сведений об окружающей среде с использованием ГИС-технологий (приобретение навыков применения ГИС-технологий, интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований)
3	<i>Интегральная оценка загрязнения компонентов окружающей среды на нарушенных территориях</i>	2	способность выполнять интерпретацию полученных сведений об окружающей среде с использованием ГИС-технологий (развитие умений расчета рассеивания (разбавления) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (водных объектах); приобретение навыков применения ГИС-технологий, интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований)

3. Содержание дисциплины (модуля)

ГИС-технологии в природопользовании (10 час.)

Понятие информационных технологий и информационных систем. Понятие геоинформатики и геоинформационных систем. Возникновение и первоначальные задачи ГИС. Подсистема ввода данных. Подсистема хранения и редактирования. Подсистема

анализа. Подсистема вывода. Растровые модели данных. Векторные модели данных. Нетопологические модели данных. Топологические модели. Межслоевая топология. Форматы векторных данных. Атрибутивные данные (атрибуты объекта) и атрибутивные таблицы. Поиск атрибутов. Кодирование атрибутивной информации. Проверка и редактирование данных. Виды ошибок. Модель TIN. Структура TIN. Создание TIN. Триангуляция и топология. Пространственные объекты TIN. Модель GRID. Структура GRID. Интерполяция. Методы интерполяции. Разрешение GRID. Пирамидные слои. Пространственная привязка GRID. Преимущества и недостатки GRID.

Обзор современных ГИС (ArcView, MapInfo). Построение пространственной модели местности. Обработка слоев в программном комплексе MapInfo. Оценка загрязнения атмосферного воздуха и выявление зон риска в программном комплексе ArcView.

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	ГИС-технологий для интерпретации результатов экологических исследований	практическое занятие	6

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ГИС-технологии в природопользовании

1. Васенев И.И., Мешалкина Ю.Л., Грачев Д.А. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии. - М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 212 с.
2. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование земли. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, 2012. – 168 с.
3. Еремеев В.В. Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли: монография. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 460 с
4. Измestьев А.Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории. Учебное пособие. – Кемерово: КузГТУ, 2013. – 107 с.
5. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Цифровая обработка аэрокосмических изображений. Конспект лекций. - Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 121 с.
6. Лабутина И.А., Балдина Е.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. Учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2013. – 168 с.
7. Ловцов Д.А. Геоинформационные системы: учебное пособие / Д.А. Ловцов, А.М. Черных. - М.: РАП, 2012. - 192 с.
8. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. – М.: КДУ, 2008. - 422 с.
9. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. Уч. пособие. - М.: Академия, 2004. - 416 с.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Модуль 3. Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды»**

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование дисциплины (модуля)/наименование тем дисциплины (модуля)	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			Лекц.	Практич. (лаб.)	Самост.	Мастер-класс	
1	<i>Модуль 3. Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды</i>	18	2	6	-	10	текущий
1.1.	<i>Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды</i>	4	2	2	-	-	-
1.2.	<i>Основы определения характеристик экосистем</i>	4	-	4	-	-	-
1.3	<i>Экологический мониторинг функционирования особо-охраняемых природных территорий</i>	10	-	-	-	10	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1	<i>Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды</i>	4	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (приобретение навыков проведения биологического мониторинга окружающей среды, определения основных характеристик экосистем)
2	<i>Основы определения характеристик экосистем</i>	4	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (приобретение навыков проведения биологического мониторинга окружающей среды, определения основных характеристик экосистем)

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
3	<i>Экологический мониторинг функционирования особо-охраняемых природных территорий</i>	10	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (получение знаний по вопросам изучения процессов миграции загрязняющих веществ, особенностей формирования техногенных атмо-, гидро и литохимических аномалий); развитие умений планирования основных мероприятий по организации и проведению производственного экологического мониторинга; приобретение навыков проведения биологического мониторинга окружающей среды, определения основных характеристик экосистем)

3. Содержание дисциплины (модуля)

Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды (18 час.)

Возможности, преимущества и недостатки оценки состояния окружающей среды по абиотическим показателям, по биотическим показателям, по независимо учитываемым показателям обеих групп, по результатам их интеграции. Биоиндикация и биотестирование. Биомониторинг, как компонент биологического контроля состояния среды. Его роль в экологическом мониторинге. Нормативная база биологического контроля среды, российская и зарубежная: обзор и сравнительный анализ. Тенденции развития нормативной базы биологического контроля состояния среды и экологического нормирования.

Методы качественного и количественного анализа реакции биоты на антропогенные воздействия, их сравнительный анализ. Техническое обеспечение биологического мониторинга. Пробоотбор. Камеральная обработка материала. Основные статистические и математические методы анализа результатов биологического мониторинга. Индикаторные признаки различных наземных биосистем, испытывающих разнотипные антропогенные воздействия. Методы фито-, лишено-, мико-, бриоиндикации. Обработка и интерпретация результатов биологической оценки состояния окружающей среды.

Динамика характеристик популяции как результат изменения условий среды обитания. Индексы видового разнообразия и их применение для оценки качества среды. Дендроиндикация. Биоиндикация состояния атмосферного воздуха по хвое сосны. Лихеноиндикация. Методики оценки качества атмосферы с использованием лишайников-эпифитов. Аллометрические уравнения и их параметры, как показатель качества среды обитания.

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Роль биологического мониторинга в оценке качества окружающей среды	практическое занятие	2
2	Микроскопическое определение видов	лабораторное занятие	4

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Биологический мониторинг при оценке качества окружающей среды

1. Биоиндикация загрязнений: Учебное пособие / Опекунова М.Г. - СПб:СПбГУ, 2016. - 300 с.
2. Экологическая токсикология и биотестирование водных экосистем: Учебное пособие / С.В. Котелевцев, Д.Н. Маторин, А.П. Садчиков - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.
3. Биоразнообразие [Электронный ресурс] : курс лекций / сост.: Б.В. Кабельчук, И.О. Лысенко, А.В. Емельянов, А.А. Гусев. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 156 с.
4. Учебно-полевая практика по экологии : учебное пособие / Г.П.Алехина, С.В.Хардикова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015 – 106 с.
5. Лейкин Ю.А. Основы экологического нормирования: Учебник / Ю.А. Лейкин. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 368 с
6. Викулина В.Б. Мониторинг состояния водных объектов [Электронный ресурс]: Монография/ Викулина В.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010.— 130 с.
7. Методы контроля качества окружающей среды: Учебное пособие / Собгайда Н.А. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 112 с.
8. Геоботанические исследования для решения ряда экологических задач и поисков месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие / В.А.Алексеевко. – М.: Логос, 2011. – 244 с.
9. Биологический мониторинг: учебное пособие / Т.А. Евстифеева, Л.Г. Фабарисова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012 – 119 с.
10. Сотникова, Е.В. Техносферная токсикология [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.В. Сотникова, В.П. Дмитренко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 432 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Модуль 4. Основы методов рентгеновской дифракции»

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование дисциплины (модуля)/наименование тем дисциплины (модуля)	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			Лекц.	Практич. (лаб.)	Самост.	Мастер-класс	
1	<i>Модуль 4. Основы методов рентгеновской дифракции</i>	18	-	-	-	-	текущий
1.1.	<i>Применение методов рентгеновской дифракции при анализе объектов окружающей среды</i>	10	2	-	-	8	-
1.2.	<i>Основы пробоподготовки и типовой рентгенофазовый анализ</i>	4	-	4	-	-	-
1.3	<i>Обработка результатов измерений рентгенофазового анализа. Работа с базой данных ASTM</i>	4	-	4	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1	<i>Применение методов рентгеновской дифракции при анализе объектов окружающей среды</i>	10	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (получение знаний по вопросам основ рентгенофазового анализа образцов компонентов окружающей природной среды)
2	<i>Основы пробоподготовки и типовой рентгенофазовый анализ</i>	4	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (приобретение навыков владения современными методами лабораторного (рентгенофазового) анализа)
3	<i>Обработка результатов измерений рентгенофазового анализа. Работа с базой данных ASTM</i>	4	способность выполнять лабораторные исследования качества компонентов окружающей среды современными аналитическими методами, в том числе методом рентгенофазового анализа и методами биологического мониторинга и индикации (приобретение навыков владения современными методами лабораторного (рентгенофазового) анализа)

3. Содержание дисциплины (модуля)

Основы методов рентгеновской дифракции (18 час.)

Общие сведения о характеристическом рентгеновском излучении и его взаимодействии с атомами и кристаллическими решетками. Уравнение Вульфа-Брэгга и метод Дебая-Шеррера. Устройство дифрактометра XRD-7000 и флуоресцентного спектрометра XRF-1800 (Shimadzu). Вспомогательные узлы и расходные материал. Шаровые и вибрационные мельницы для лабораторной пробоподготовки. Загрязнение материалом покрытия. Ручное и автоматическое прессование. Правила безопасного обращения. Обслуживание пресс-форм и ячеек для размола.

Автоматическая обработка спектра рентгеновской флуоресценции полуколичественным методом. Поиск ошибочных идентификаций и артефактов. Редактирование отчета и алгоритма обработки спектра.

Обработка первичной кривой рентгеновской дифракции. Автоматический поиск фаз по базе данных ASTM. Проверка правильности идентификации. Редактирование отчета и алгоритма обработки спектра.

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Подготовка проб и типовой рентгенофазовый анализ	практическое занятие	4
2	Обработка результатов измерений рентгенофазового анализа. Работа с базой данных ASTM	практическое занятие	4

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основы методов рентгеновской дифракции

1. Илюшин А.С., Орешко А.П. Дифракционный структурный анализ. – М.: физический факультет МГУ, ООО Издательский дом «Крепостновъ», 2013. – 616 с.
2. В.И. Соболев, Рентгенофлуоресцентный анализ. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Физико-химические методы анализа», Издательство Томского политехнического университета, 2014.
3. Ковба Л.М., Трунов В. К. Рентгенофазовый анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 231 с.
4. Бахтиаров А.В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии, Ленинград: Недра, 1985. — 144 с.

Приложение 2
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Современные методы экологического мониторинга»

Учебно-методические материалы

Приложение 2.1

Конспект лекций

**Лекция №1. «Введение. Современный подход к организации мониторинга окружающей среды»
(4 часа)**

В соответствии со сложившимся типовым алгоритмом (последовательностью операций) экоаналитического контроля при мониторинге загрязнений и физических факторов (ФФ) воздействия на окружающую среду можно выделить основные технологические процедуры контроля, к которым относятся:

– выявление контролируемого объекта (уточнение источника загрязнения) по имеющимся жалобам, документам или в соответствии с полученной заявкой (например, выходной коллектор сточных вод предприятия, сбрасывающего их в поверхностный водоем);

– первичное обследование объекта (рекогносцировка) в форме выборочного краткосрочного наблюдения за ним с уточнением показателей загрязнения (идентификация), а также местоположения, границ, внешних проявлений неблагополучия и определением точек или зон дальнейшего исследования/проверки (например, качественные предварительные исследования и полуколичественные измерения состава сточных вод «на месте» по наиболее вредным или опасным ЗВ и интенсивно воздействующим ФФ);

– формирование информационной модели контролируемого объекта (например, составление перечней контролируемых в сточных и природных водах ЗВ и воздействующих на них ФФ, установление граничных значений уровней их фиксирования или измерения с заданной достоверностью и в привязке к «месту», разработка архитектуры будущей геоинформационной системы - ГИС), а также планирование эксперимента по изучению состояния и динамики контролируемого объекта (например, составления плана-графика измерений содержания ЗВ в сточных водах «на месте» или отбора их проб для последующего лабораторного анализа);

– длительные (систематические) наблюдения за объектом контроля (например, непрерывное или дискретное измерение концентраций ЗВ в сточных водах по спланированным показателям с отбором проб или без него) и оценка состояния контролируемого объекта в целом (сопоставление с нормами или ранее проводимыми измерениями и возможное категорирование сточных вод по получаемым данным) за период наблюдений;

– прогнозирование изменения состояния объекта контроля на основе информационной модели (ГИС) и экспериментально полученных эмпирических данных в зависимости от предполагаемых изменений внешних условий (например, увеличение или

уменьшение загрязнения вод с изменением мощности производства, введения дополнительной очистки, замены технологий производственных процессов, замкнутого водооборота и т.д.);

– обработка и представление полученной информации в удобной и понятной форме и доведение ее до потребителя (отчет по результатам обследования, представляемый руководству предприятия или заказчику, например, в контрольную государственную службу или в местную администрацию, или для общественной публикации и т.д.).

Результаты данных процедур позволяют выполнить основные задачи экологического контроля - оценить показатели состояния и целостности экосистемы (например, поверхностного водного объекта, куда сбрасываются сточные воды), выявить причины изменения показателей контролируемого объекта и спрогнозировать последствия выявленных изменений, а главное - наметить и определить корректирующие меры, т.е. создать предпосылки для исправления возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен еще больший ущерб (например, аварийный сброс загрязненных сточных вод, способный уничтожить всю биоту водоема).

В рамках указанных процедур обычно осуществляются несколько технологических операций, повторение которых и составляет рассматриваемый далее типовой технологический цикл экоаналитического контроля.

Типовой технологический цикл экоаналитического контроля загрязнений окружающей среды сводится к определенному набору основных операций и последовательности их выполнения, которые в общем виде заключаются в следующем:

- поиск источника (выбор места контроля) загрязнения или вредного воздействия;
- его первичная оценка «на месте» и/или отбор проб;
- подготовка проб к их транспортировке и хранению и доставка к месту анализа;
- подготовка проб к анализу непосредственно в лаборатории;
- количественный анализ проб в лабораторных условиях;
- обработка и представление результатов анализа с оценкой показателей правильности и достоверности полученных результатов;
- планирование следующего цикла контроля.

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха

Организация сети наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха

Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01 -86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых пунктов». Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы производится на посту, представляющем собой заранее выбранное для этой цели место (точка местности), на котором размещается павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами.

Посты наблюдений устанавливаются трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных измерений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в том случае, когда невозможно (нецелесообразно) установить пост или необходимо более

детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например, в новых жилых районах.

Передвижной (подфакельный) пост служит для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Стационарные посты оборудованы специальными павильонами, которые устанавливают в заранее выбранных местах. Наблюдения на маршрутных постах проводятся с помощью передвижной лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием и приборами. Маршрутные посты также устанавливают в заранее выбранных точках. Одна машина за рабочий день объезжает 4...5 точек. Порядок объезда автомашиной выбранных маршрутных постов должен быть одним и тем же, чтобы определение концентрации примесей проводилось в постоянные сроки. Наблюдения под факелом предприятия также ведутся с помощью специально оборудованной автомашины. Подфакельные посты представляют собой точки, расположенные на фиксированных расстояниях от источника. Они перемещаются в соответствии с направлением факела дымового источника выбросов.

Точность наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городе зависит от правильности расположения поста на обследуемой территории. При выборе места для размещения поста, прежде всего, следует установить, какой параметр будет контролироваться: уровень загрязнения воздуха, характерный для данного района города, или концентрация примесей в конкретной точке, находящейся под влиянием выбросов отдельного промышленного предприятия, крупной автомагистрали.

В первом случае пост должен быть расположен на таком участке местности, который не подвергается воздействию отдельно стоящих источников выбросов. В результате значительного перемешивания городского воздуха уровень загрязнения в районе поста будет определяться всеми источниками выбросов, расположенными на исследуемой территории. во втором случае пост должен размещаться в зоне максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке (на асфальте, твердом грунте, газоне). Если пост разместить на закрытом участке (вблизи высоких зданий, на узкой улице, под кронами деревьев или рядом с низким источником выбросов), то в этом случае будет определяться уровень загрязнения, создаваемый в конкретном месте, а реальный уровень загрязнения будет снижаться из-за поглощения газов густой зеленью или из-за застоя воздуха и скопления вредных веществ вблизи строений.

Стационарный и маршрутный посты организуются в местах, выбранных с учётом обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками, а также с учетом изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений и расчётов полей максимальных концентраций примесей. При этом следует учитывать повторяемость направления ветра над территорией города. В определённых направлениях выбросы от многочисленных предприятий могут создавать общий факел, соизмеримый с факелом крупного источника. Если повторяемость таких направлений ветра велика, то зона наибольшего среднего уровня загрязнения будет формироваться на расстоянии 2...4 км от основной группы предприятий, причём иногда она может располагаться и на окраине города. Выбору местоположения стационарных постов должно предшествовать ознакомление с генеральным планом развития города с целью учёта планируемого размещения крупных источников выбросов и жилых районов. Для характеристики распределения концентрации примеси по городу посты необходимо устанавливать в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административ-

ном центре населённого пункта и в жилых районах с различными типами застройки, а также в парках и зонах отдыха. К числу наиболее загрязнённых районов относятся зоны наибольших максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами промышленных предприятий (такие зоны находятся на расстоянии (0,5...2 км от низких источников выбросов и 2...3 км от высоких), а также магистрали интенсивного движения транспорта, поскольку влияние автомагистрали обнаруживается лишь в непосредственной близости от нее (на расстоянии 50... 100 м).

Регулярные наблюдения на стационарных постах проводятся по одной из четырёх программ наблюдения: полной (П), неполной (НП), сокращённой (СС), суточной (С).

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения в этом случае выполняются ежедневно путём непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно, через равные промежутки времени, не менее четырёх раз при обязательном отборе проб в 1, 7, 13 и 19 ч по местному декретному времени.

По неполной программе наблюдения проводятся с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13 и 19 ч местного декретного времени.

По сокращённой программе наблюдения проводятся с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного декретного времени. Наблюдения по сокращённой программе допускается проводить при температуре воздуха ниже 45 °С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 максимальной разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений концентрации примеси используемым методом.

Допускается проводить наблюдения по скользящему графику: в 7, 10 и 13 ч — во вторник, четверг и субботу, в 16, 19 и 22 ч — в понедельник, среду и пятницу. Наблюдения по скользящему графику предназначены для получения информации о разовых концентрациях.

Суточная программа отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. В отличие от полной программы наблюдения в этом случае проводятся путем непрерывного суточного отбора проб, при этом исключается получение разовых значений концентрации. Все программы наблюдений позволяют получать информацию о среднемесячных, среднегодовых и средних концентрациях за более длительный период.

Маршрутный пост наблюдений — это место на определенном маршруте в городе. Он предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижной аппаратуры. Маршрутные наблюдения осуществляются на маршрутных постах с помощью автолабораторий, серийно выпускаемых промышленностью. Такая передвижная лаборатория имеет производительность около 5000 отборов проб в год, при этом в день на такой машине может производиться 8 ... 10 отборов проб воздуха. Порядок объезда маршрутных постов ежемесячно меняется таким образом, чтобы отбор проб воздуха на каждом пункте проводился в разное время суток. Например, в первый месяц машина объезжает посты в порядке возрастания номеров, во второй — в порядке их убывания, а в третий — с середины маршрута к концу и от начала к середине и т.д.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника. Подфакельные наблюдения осуществляются за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия, по специально разрабатываемым программам и маршрутам. Места отбора проб при подфакельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Отбор проб воздуха производится по направлению ветра, последовательно, на расстояниях 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20 км от стационарного источника выброса, а также с наветренной стороны источника. Под

факелом проводятся наблюдения за типичными для данного предприятия ингредиентами с учетом объема выбросов и их токсичности. В зоне максимального загрязнения (по данным расчетов и экспериментальных замеров) отбирается не менее 60 проб воздуха, а в других зонах — не менее 25. Отбор проб воздуха при проведении подфакельных наблюдений производится на высоте 1,5 м от поверхности земли в течение 20... 30 мин, не менее чем в 3 точках одновременно.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом

Транспорт по ряду примесей может быть основным источником загрязнения атмосферного воздуха. Количество вредных выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта, зависит от качественного и количественного составов парка автомобилей, условий организации уличного движения, архитектурно-планировочных особенностей сети автомагистралей и других факторов. В настоящее время действуют несколько ГОСТов и ОСТов, регламентирующих содержание оксида углерода и других примесей в отработавших газах (ОГ). Они определяют также требования к выбросам бензиновых и дизельных двигателей.

ГОСТ 17.2.2.03 — 87 регламентирует предельно допустимое содержание углеводородов и оксида углерода в ОГ бензиновых двигателей неподвижного автомобиля при работе двигателя в двух режимах холостого хода: при минимальной и повышенной частотах вращения коленчатого вала.

ОСТ 37.001.054—74 определяет предельно допустимый выброс двигателем автомобиля оксида углерода, оксидов азота и углеводородов при так называемом ездовом цикле, во время которого на стенде двигатель работает в четырех режимах движения, характеризующих движение автомобиля в условиях города с населением более 1 млн жителей. В этом ОСТе указаны нормы выброса разделенных по группам легковых автомобилей массой до 3500 кг, а также ужесточенные нормы выброса по годам. ОСТ применяется на автозаводах Минавтопрома и в специализированных организациях.

ОСТ 37.001.070—75 определяет предельно допустимый выброс бензиновым двигателем грузового автомобиля оксида углерода, оксидов азота и углеводородов при испытании на моторном стенде по нагрузкам, начиная от холостого хода и кончая максимальной мощностью. ОСТом определено дифференцированное по годам ужесточение норм выбросов. Этот ОСТ используется только на заводах Минавтопрома.

Автомобили с бензиновыми двигателями при эксплуатации в жаркое время года выбрасывают в атмосферный воздух пары углеводородов при испарении бензина из бензобаков, карбюраторов и при заправке на бензоколонках. В целях снижения вредного воздействия на окружающую среду на автотранспортных предприятиях проводится контроль токсичности ОГ двигателей. В настоящее время охрана атмосферного воздуха от выбросов вредных веществ автотранспортом обеспечивается правовыми актами и стандартами. Предусматривается улучшение организации технического обслуживания автомобилей. Регулировку систем зажигания автомобилей предписывается проводить только на станциях технического обслуживания и автозаправочных предприятиях. Выполнение таких работ водительским составом запрещено. Проверка токсичности ОГ автомобильных двигателей на предприятиях, имеющих менее 50 автомашин, проводится специализированными организациями. Не разрешается выпуск на линию машин с концентрацией в ОГ вредных веществ, превышающей нормы, регламентированные ГОСТом. Токсичность ОГ автомобилей проверяется при техническом обслуживании, после регулировки карбюратора, а также при выборочных проверках контролирующими органами — ГИБДД, Инспекцией Госкомприроды, СЭС.

Оценка соответствия регулировки систем питания и зажигания нормативным критериям осуществляется только инструментальными методами. С этой целью на автотранспортных предприятиях создаются стационарные посты и подвижные лаборатории контроля токсичности ОГ. Результаты контроля заносятся в карточку учета

проверок содержания вредных веществ в ОГ автомобильного двигателя. Продолжительность контроля на таком посту составляет 3... 5 мин.

К числу обязательных мероприятий контроля загрязнения атмосферного воздуха ОГ автотранспорта относится проверка организации работ по снижению вредного влияния автотранспорта на автопредприятиях, станциях технического обслуживания и авторемонтных заводах, а также проверка наличия контрольно-измерительных приборов и др. Приказом по автопредприятию должны быть назначены ответственные лица за проведение проверки автомобилей на соответствие ОГ нормам стандартов по токсичности. Кроме того, должно быть организовано систематическое обучение персонала, занимающегося ремонтом, контролем и регулировкой двигателей автомобилей.

На всех станциях технического обслуживания автомобилей должна проводиться проверка содержания оксида углерода в ОГ индивидуальных машин, и в случае необходимости должны выполняться работы по ремонту и регулированию систем питания и зажигания двигателей. По результатам проверки владельцам машин выдаются специальные талоны. Если при проведении годовых осмотров или оперативном контроле автотранспорта на линии органами ГИБДД обнаружено превышение норм выбросов, машины не допускаются к эксплуатации.

Возможность использования стационарных и передвижных постов для контроля выбросов автотранспорта ограничены. Это связано с тем, что примеси от низких источников выбросов распределяются иначе, чем от высоких. Максимум концентрации примесей от выбросов ОГ автотранспорта находятся на самой транспортной магистрали, а при удалении от обочины резко падает, достигая фонового уровня на расстоянии 15...30 м. Данные лазерных

исследований показывают, что на расстоянии 25...30 м от обочины дороги существенных колебаний концентрации оксидов углерода от выбросов автотранспорта не наблюдается. Возможность использования для контроля выбросов стационарных постов наблюдений, расположенных в непосредственной близости от автомагистралей требует специального рассмотрения в каждом отдельном случае.

Измерение уровня загрязнения воздуха, обусловленного выбросами автотранспорта, проводится в комплексе с измерением уровня загрязнения выбросами промышленных источников, но может проводиться и самостоятельно. Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях и в прилегающей жилой зоне может быть проведена на основе определения в воздухе содержания как основных компонентов выхлопных газов (оксида углерода, углеводородов, оксида азота, акролеина, формальдегида, соединений свинца), так и продуктов их фотохимических превращений (озона и др.).

Для изучения особенностей загрязнения воздуха выбросами автотранспорта организуются специальные наблюдения, в результате которых определяются:

максимальные значения концентраций основных примесей, выбрасываемых автотранспортом в районах автомагистралей, и периоды их наступления при различных метеоусловиях и интенсивности движения транспорта;

границы зон и характер распределения примесей по мере удаления от автомагистралей;

особенности распространения примесей в жилых кварталах различного типа застройки и в зеленых зонах, примыкающих к магистралям;

особенности распределения транспортных потоков по магистралям города.

Наблюдения проводятся во все дни рабочей недели ежечасно с 6 до 13 ч или с 14 до 21 ч с чередованием дней с утренними и вечерними проверками. В ночное время наблюдения проводятся 1 — 2 раза в неделю.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах с интенсивным движением транспорта и располагаются на различных участках улиц в местах, где часто производится торможение автомобилей и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей.

Кроме того, пункты наблюдения организуются в местах скопления вредных примесей из-за слабого рассеяния (под мостами, путепроводами, в туннелях, на узких участках улиц и дорог с многоэтажными зданиями), а также в зонах пересечения двух и более улиц с интенсивным движением транспорта.

Приборы размещаются на тротуаре, на середине разделительной полосы при ее наличии и за пределами тротуара — на расстоянии половины ширины проезжей части одностороннего движения. Пункт, наиболее удаленный от автомагистрали, должен располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от стены здания. На улицах, пересекающих основную автомагистраль, пункты наблюдения размещаются на краях тротуара, а также на расстояниях, превышающих ширину магистрали в 0,5, 2 и 3 раза.

В кварталах старой застройки (сплошные ряды зданий с отдельными прочными проемами в них) пункты наблюдений располагают в центре внутриквартального пространства.

Интенсивность движения определяется путем учета числа проходящих транспортных средств, которые подразделяются на пять основных категорий (легковые автомобили, грузовые автомобили, автобусы, дизельные автомобили, микроавтобусы и мотоциклы), ежедневно в течение 2...3 недель в период с 5...6 ч до 21...23 ч, а на транзитных автомагистралях — в течение суток. Подсчет числа проходящих транспортных единиц проводится в течение 20 мин каждого часа, а в 2...3-часовые периоды наибольшей интенсивности движения автотранспорта — каждые 20 мин. Средняя скорость движения транспорта определяется на основе показателей спидометра автомашины, движущейся в потоке транспортных средств, на участке протяженностью от 0,5 до 1 км данной автомагистрали. На основании результатов наблюдений вычисляются средние значения интенсивности движения автотранспорта в течение суток (или за отдельные часы) в каждой из точек наблюдения.

Единовременные измерения выбросов СО и СН в ОГ автомобилей производятся с помощью газоанализаторов типа ГИАМ.

Метеорологические наблюдения включают в себя измерения температуры воздуха и скорости ветра на уровнях 0,5 и 1,5 м от поверхности земли. Аналогичные наблюдения выполняются на метеостанции, расположенной за городом. При определении содержания в воздухе озона одновременно на метеостанции проводятся наблюдения за интенсивностью прямой и солнечной суммарной радиации, которая оказывает существенное влияние на скорость протекания фотохимических реакций в воздухе и образование озона.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха

При проведении мониторинга радиоактивного загрязнения атмосферы применяются сборники радиоактивных загрязнений и воздухофильтрующие устройства. Причём своей чувствительностью воздухофильтрующие устройства значительно превосходят сборники радиоактивных выпадений из атмосферы. Для наиболее эффективного контроля за распространением в атмосфере радиоактивных выбросов должна быть обеспечена возможность точного определения полного изотопного состава проб аэрозолей, для чего производительность фильтрующего устройства и эффективность улавливания аэрозолей должны быть достаточно высокими. Такая возможность имеется в фильтрующих установках серии «Тайфун», в которых в качестве фильтрующего элемента применяется высоко эффективная фильтроткань для улавливания радиоактивных аэрозолей и сорбционный фильтр для улавливания радиоактивного газообразного йода.

Измерения радиоактивного заражения проводят с помощью радиометров и дозиметров.

Наблюдения за фоновым состоянием атмосферы

Рост выбросов вредных веществ в атмосферу в результате индустриализации и урбанизации вызывает увеличение содержания примесей на значительном расстоянии от

источников загрязнения, а также глобальные изменения в составе атмосферы, что в свою очередь может привести ко многим нежелательным последствиям, в том числе и к изменению климата. В связи с этим необходимо определять и постоянно контролировать уровень загрязнения атмосферы вне зоны непосредственного действия промышленных источников и тенденцию его дальнейших изменений. В шестидесятые годы XX в. Всемирной метеорологической организацией (ВМО) была создана мировая сеть станций мониторинга фонового загрязнения атмосферы (БАПМОН). Цель ее состоит в получении информации о фоновых уровнях концентрации атмосферных составляющих, их вариациях и временных изменениях, по которым можно судить о влиянии человеческой деятельности на состояние атмосферы. Такая система позволяет накопить материал для оценки возможных изменений климата, перемещения и выпадения вредных веществ, оценить атмосферную часть биологических циклов.

В связи с ростом загрязнения окружающей природной среды в глобальном масштабе в 70 годы XX в. при ООН был создан комитет по окружающей среде (ЮНЕП). Комитет принял решение об образовании глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС), предназначенной, главным образом для наблюдения за фоновым состоянием биосферы в целом и в первую очередь за процессами ее загрязнения.

Для выполнения единой программы наблюдений специалистами ряда стран были совместно разработаны методы определения концентраций загрязняющих веществ в объектах природной среды, в том числе в атмосферном воздухе и осадках; а также приняты для практического использования методики, позволяющие получить сопоставимые результаты.

Национальная сеть станций комплексного фонового мониторинга входит в международную сеть и осуществляет наблюдение за состоянием загрязнения природных сред фоновых районов. Эта сеть является фундаментом для создания национальной службы экологического мониторинга, которая впоследствии объединит станции, работающие по международным программам.

Базовые станции следует располагать в наиболее чистых местах, в горах, на изолированных островах, где на расстоянии 100 км от станции по всем направлениям в ближайшие 50 лет не предвидится значительных изменений в практике землепользования. Основной задачей базовых станций является контроль за глобальным фоновым уровнем загрязнения атмосферы, не испытывающим влияния никаких локальных источников.

Региональные станции, главная цель которых заключается в обнаружении в районе станции долгопериодных колебаний атмосферных составляющих, обусловленных изменениями в использовании земли и другими антропогенными воздействиями, должны находиться в сельской местности, на расстоянии не менее 40 км от крупных источников загрязнения.

Континентальные станции (или региональные станции с расширенной программой) охватывают более широкий спектр исследований по сравнению с региональными станциями. Они должны размещаться в отдаленных районах, чтобы в радиусе 100 км не было источников, которые (за исключением коротких периодов времени) могли бы повлиять на локальные уровни загрязнения.

В связи с тем, что континентальные фоновые станции призваны характеризовать особенности загрязнения континентов в целом, их целесообразно устанавливать выше слоя перемешивания, т.е. выше 1000 м над уровнем моря.

Станции комплексного фонового мониторинга (СКФМ). Одним из принципов фонового мониторинга является комплексное изучение содержания загрязняющих веществ в компонентах экосистем (атмосферном воздухе, осадках, воде, почвах, биоте). Поэтому программа наблюдений на СКФМ включает в себя систематические измерения содержания загрязняющих веществ одновременно во всех средах. Результаты этих измерений дополняются гидрометеорологическими данными.

Перечень включенных в программу веществ составлен с учетом таких их свойств, как распространенность и устойчивость в окружающей среде, способность к миграции на большие расстояния, степень негативного воздействия на биологические и геофизические системы различных уровней. Измерению подлежат среднесуточные концентрации в атмосферном воздухе взвешенных частиц, озона, оксидов углерода и азота, диоксида серы, сульфатов, бенз-а-пирена, а также показатель аэрозольной мутности атмосферы. В атмосферных осадках измеряются концентрации свинца, ртути, кадмия, мышьяка, бенз-а-пирена, ДДТ и других хлорорганических соединений, рН, количество анионов и катионов по программе ВМО в суммарных месячных пробах.

Данные гидрометеорологических наблюдений используются для расчета параметров, характеризующих степень загрязнения природной среды, и интерпретации их динамики. Вместе с тем гидрометеорологические данные являются самостоятельными характеристиками состояния природной среды.

Метеорологические наблюдения включают в себя наблюдения за температурой и влажностью воздуха, скоростью и направлением ветра, атмосферным давлением и облачностью (количеством, формой, высотой), солнечным сиянием, атмосферными осадками (количеством и интенсивностью), снежным покровом, состоянием поверхности почвы. Кроме того, к ним относятся наблюдения за радиацией (прямой, рассеянной, суммарной и отраженной) и радиационным балансом, градиентами температуры, влажности и скорости ветра на высоте 0,5... 10 м, градиентами температуры, влажности почвы на глубине от поверхности до 20 см, тепловым балансом. Данные о температуре воздуха и атмосферном давлении используют при приведении объема проб воздуха к нормальным условиям, о количестве и интенсивности осадков — при расчете потоков загрязняющих веществ на подстилающую поверхность, о содержании влаги в снежном покрове — при определении количества загрязняющих веществ, выпавших на подстилающую поверхность за зимний период.

Станции БАПМОН. В обязательную программу наблюдений на базовых станциях включены наблюдения за содержанием диоксида серы, аэрозольной мутностью атмосферы, радиацией, взвешенными аэрозольными частицами и химическим составом осадков.

На региональных станциях в программу наблюдений входят измерения атмосферной мутности и концентрации взвешенных аэрозольных частиц, а также определение химического состава атмосферных осадков.

Программы наблюдений на фоновых станциях разных категорий может быть расширенно за счёт увеличения числа определяемых в атмосфере газов, в частности озона, малых газовых компонентов, объёмные концентрации которых ниже 1%, а также газов, которые, преобразуясь в атмосфере, могут превращаться в аэрозольные частицы (например, диоксиды серы и азота).

В настоящее время постепенно увеличивается спектр анализируемых элементов в осадках и аэрозолях.

Любые наблюдения, проводимые по программе фоновых мониторинга, должны сопровождаться комплексом обязательных метеорологических наблюдений (за видимостью, атмосферными явлениями, температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, атмосферным давлением), поэтому фоновые наблюдения желательно проводить на базе метеорологических станций.

Обработка и обобщение результатов наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы

Данные о результатах наблюдений загрязнения атмосферного воздуха и метеорологических параметров, о результатах подфакельных и других наблюдений поступают со стационарных и маршрутных постов в одно из подразделений местных органов Росгидромета, чаще всего в отделы обеспечения информацией хозяйственных организаций, управлений по гидрометеорологии, где они проходят контроль и сводятся в

специальные таблицы, называемые таблицами наблюдений за загрязнением атмосфер (ТЗА). Эти таблицы подразделяются на четыре вида:

ТЗА-1 — результаты разовых наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на сети постоянно действующих стационарных и маршрутных постов в одном городе или промышленном центре, а также данные метеорологических и аэрологических наблюдений;

ТЗА-2 — результаты подфакельных наблюдений;

ТЗА-3 — данные средних суточных наблюдений за выпадением и концентрацией пыли и газообразных примесей;

ТЗА-4 — данные суточных наблюдений с помощью газоанализаторов или других приборов и устройств непрерывного действия.

ТЗА-1 состоит из основной таблицы и дополнительной, которая называется ТЗА-1д. Таблица ТЗА-1 состоит из 8 страниц (100... 120 наблюдений за месяц). В нее записываются данные наблюдений за концентрацией примесей и метеопараметры, соответствующие срокам отбора проб воздуха на метеостанциях. Таблица ТЗА-1д предназначена для записи концентрации примесей и метеорологических данных наблюдений на постах Санэпиднадзора (СЭН) и других ведомств того же города, а также результатов спектрального определения в пробах содержания металлов.

После заполнения таблиц и переноса данных на машинный носитель (перфоленду, перфокарты и т.д.) они сшиваются вместе таким образом, чтобы данные наблюдений за все сроки следовали в порядке возрастания номеров постов.

Графы (результаты аэрологических наблюдений) заполняются по данным, полученным в городе или на расстоянии 50... 60 км от него. Разница в сроках аэрологических наблюдений и наблюдений за загрязнением атмосферы не должна превышать 3 ч. Если наблюдение за загрязнением воздуха приходится на середину интервала аэрологических наблюдений, то записываются данные предыдущего срока.

ТЗА-2 составляется в соответствии с методиками Росгидромета.

В титульный лист таблицы ТЗА-3 записывается дата окончания суток, а при наблюдениях за концентрацией пыли — дата снятия фильтра или марли с планшета.

После заполнения таблицы ТЗА-3 производятся расчеты и выборки:

- средних концентраций (или выпадений осадков) за все дни месяца;
- максимальных концентраций (или выпадений осадков) за все дни месяца;
- то же за дни с осадками, в том числе с осадками до 5 мм и более;
- то же за дни без осадков;
- для всех вышеуказанных расчетов выбираются данные о скоростях ветра менее 2,2 и более 5 м/с;
- числа случаев выше ПДК.

ТЗА-4 содержит результаты непрерывных наблюдений (газоанализаторов и других приборов) за месяц.

Титульный лист таблицы наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха (газоанализаторы) ТЗА-4 оформляется так же, как титульный лист ТЗА-1.

Вслед за титульным листом идут развернутые листы для записи фактических данных непрерывных наблюдений за концентрациями одной примеси по одному прибору. Количество листов в ТЗА-4 должно соответствовать числу приборов в городе. Данные располагаются в порядке роста номеров постов.

Наблюдения за загрязнением природных вод

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши

Общегосударственная служба наблюдений и контроля за загрязнением объектов природной среды является информационной, поэтому основными задачами контроля качества поверхностных вод, выполняемого в её рамках, являются:

Систематическое получение как отдельных, так и обобщённых во времени и пространстве данных о качестве воды;

обеспечение центральных и местных административных органов, а также заинтересованных организаций систематической информацией и прогнозами о качестве воды

Контроль качества поверхностных вод проводится в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07 - 82, устанавливающим единые требования к построению сети контроля, проведению наблюдений и обработке получаемых данных.

В основе организации и проведения контроля лежат следующие принципы: комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами. Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым, обеспечивающим требуемую точность методикам, проведением гидрометрических работ.

Формирование сети пунктов контроля качества поверхностных вод

Первым этапом организации работ по наблюдению и контролю качества поверхностных вод является выбор местоположения пунктов контроля.

Под пунктом контроля качества поверхностных вод понимается место на воде или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Пункты контроля организуют в первую очередь на водоёмах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение, а также подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. На водоемах и водотоках или их участка, не загрязняемых сточными водами, создаются пункты для фоновых наблюдений.

Пункты контроля располагают с учетом существующего использования водоема или водотока для нужд хозяйства и перспективных планов развития хозяйства на основании предварительных исследований, включающих в себя подбор и анализ сведений о водопользователях, источниках загрязнения вод, аварийных сбросах загрязняющих веществ, данные о режимных (водных, ледовых, термических), физико-географических признаках водоёма или водотока и проведение обследований водоемов или водотоков, или их участков.

Пункты контроля организуют на водоемах и водотоках в районах:

- расположения городов и крупных рабочих посёлков, сточные воды которых сбрасываются в водоёмы и водотоки;
- сброса сточных вод отдельно стоящими крупными промышленными предприятиями (заводами, рудниками, шахтами, нефтепромыслами, электростанциями и т.п.), мыслами, электростанциями и т.п.), территориально-производственными комплексами, организованного сброса сельскохозяйственных сточных вод;
- мест нереста и зимовья ценных и особо ценных видов промысловых организмов;
- предплотинных участков рек, являющихся важными для рыбного хозяйства;
- пересечения реками государственной границы РФ и границ союзных республик СНГ;
- замыкающих створов больших и средних рек;
- устьев загрязненных притоков больших водоемов и водотоков.

На водоемах с интенсивным водообменом (свыше 5,0) расположение створов аналогично расположению их на водотоках: один створ устанавливают примерно на 1 км выше источника загрязнения (вне влияния сточных вод), остальные створы — ниже источника загрязнения (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности). Границу зоны загрязненности (части водоема, в которой нарушены нормы качества воды по одному или нескольким

показателям) устанавливают по размерам максимальной зоны загрязненности, определенной расчетным путем и уточненной при проведении обследования водоема.

На водоемах с умеренным (0,1...0,5) и замедленным (до 0,1) водообменами один створ устанавливают в части водоема, не подверженной загрязнению, другой — совмещают со створом сброса сточных вод, остальные створы располагают параллельно ему по обе стороны (не менее двух, на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод и непосредственно за границей зоны загрязненности).

Количество горизонтов на вертикали определяется глубиной водоема или водотока в месте измерения: при глубине до 5 м устанавливается один горизонт (у поверхности льда зимой), при глубине от 5 до 10 м — два (у поверхности и в 0,5 м от дна), а при глубине более 10 м — три (дополнительно промежуточный, расположенный на половине глубины).

На глубоких водоемах горизонты устанавливаются у поверхности, на глубине 10; 20; 50 и 100 м и у дна (в разноплотностном водоеме назначается дополнительный горизонт, который располагается в слое скачка плотности).

Установление категории пункта контроля качества поверхностных вод

Пункты контроля подразделяются на четыре категории, определяющие периодичность проверки качества вод и программу контроля.

Категорию пункта устанавливают с учётом следующих факторов: хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера и объёма водоёма, размера и водности водотока и др.

При наличии организованного сброса сточных вод должно быть создано не менее двух створов — выше и ниже источника загрязнения.

Контроль категории по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить ежемесячно (по сокращенной программе) и ежеквартально (по полной программе). При этом ежемесячный контроль категории по сокращенной программе проводится только в вегетационный период.

При отсутствии возможности проведения контроля по гидробиологическим показателям в указанные выше сроки следует проводить его в сроки, наиболее показательные для оценки состояния водных экосистем. Ими являются начало, середина и конец вегетационного периода, что соответствует окончанию весеннего половодья, периоду летней межени и времени, предшествующему ледоставу. В течение зимнего периода по возможности осуществляется одна гидробиологическая съёмка, так как состояние организмов, их количественный и качественный составы в этот период являются важными показателями степени загрязненности водоема или водотока.

Допускается проведение одноразового гидробиологического контроля в тех пунктах, на которых в результате регулярных гидробиологических съёмок в течение двух-трех предшествующих лет не было определено изменений экологической обстановки. При одноразовом контроле особенно важно правильно выбрать место отбора проб, охватив по возможности более полно все разнообразие биологических периодов.

Если определить гидробиологические показатели невозможно, допускается проведение контроля только по гидрохимическим и гидрологическим показателям.

Сокращенная программа контроля № 2 по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение расхода воды, м³/с (на водотоках) или ее уровня, м (на водоемах); температуры, °С; водородного показателя (рН); удельной электрической проводимости, См/м; концентрации веществ, мг/Al³⁺ (мг/л), химического потребления кислорода, мг/дм³ (мг/л), биохимического потребления кислорода за 5 сут, мг/дм³ (мг/л); концентрации двух-трех загрязняющих веществ, основных для воды в данном пункте контроля, мг/дм³ (мг/л); проведение визуальных наблюдений.

Сокращенная программа контроля по гидрологическим и гидрохимическим показателям предусматривает определение расхода воды, м³/с; скорости течения, м/с (на водотоках при опорных измерениях расхода воды) или уровня, м (на

водоёмах), температуры, °С; показателя кислотности рН; концентрация взвешенных веществ; концентрации растворённого кислорода мг/л; химического потребления кислорода мг/л; биохимического потребления кислорода за 5 сут, мг/л; концентрации всех загрязняющих воду в данном пункте веществ мг/л; проведение визуальных наблюдений.

Перечень загрязняющих веществ, характерных для воды данного пункта контроля, которые должны проверяться по сокращенным программам, составляется на основании данных о составе сбрасываемых в районе пункта контроля сточных вод и предварительных обследований водного объекта. На первом этапе работы при формировании программ контроля может быть использован ориентировочный перечень загрязняющих веществ, который затем будет уточняться по результатам обследований участка водного объекта.

При проведении обследований на водоеме в местах организованного сброса сточных вод устанавливают ряд радиальных створов. Вертикали на створах располагают таким образом, чтобы первые из них были на расстоянии 0,5 км от места сброса сточных вод, а последние — за пределами зоны загрязненности.

Принцип расположения вертикалей и горизонтов при проведении обследований такой же, как и при проведении систематических наблюдений.

Обследования следует проводить в сроки, связанные с основными фазами водного режима для условий минимального и максимального расходов: на водотоках — в половодье, зимнюю и летнюю межень (т.е. при самом низком уровне воды); на водоемах с умеренным и замедленным водообменами — в летнее время или осенью до начала дождей; на водоемах с интенсивным водообменом — весной в период максимального притока и в летне-осенние месяцы при минимальных уровнях воды; на водоемах при наиболее низких уровнях — во время ледостава.

Далее в соответствии с результатами анализа проб воды, отобранных во время проведения обследований:

- проверяют правильность расчета створов смешения природных и сточных вод и зон загрязненности воды, а затем с учетом максимального удаленного створа сравнительно полного (не менее 80 %) смешения и максимальных размеров зоны загрязненности уточняют расположение створов, вертикалей и горизонтов в пункте;
- определяют категорию пункта контроля с учетом загрязненности воды, выявленной во время обследований;
- назначают при систематическом контроле характерные для данного пункта загрязняющие вещества, выбирая те, содержание которых в воде превышает норму;
- составляют программу работ в пункте, устанавливающую контролируемые показатели качества воды, периодичность и сроки проведения контроля.

При появлении новых источников загрязнения, изменение мощности, состава и условий сброса сточных вод прежних источников, а также при других сложившихся условиях категории пункта контроля, периодичность проведения контроля и перечень определяемых показателей могут быть изменены в соответствии с порядком проведения контроля. В этом случае осуществляется обследование участка водоема или водотока. Задача и порядок проведения такого обследования соответствуют изложенным выше.

Наблюдения за загрязнением морских вод

Охрана морской среды предполагает прежде всего оценку современного состояния качества воды морей и океанов, что требует проведения систематических обследований.

Для решения проблемы охраны морских и океанических вод от загрязнения необходимо составление научно обоснованных рекомендаций по ограничению (или полному запрещению) сброса отходов, согласно которым процессы естественной утилизации должны постоянно превосходить процесс загрязнения и приводить к устранению нарушений в морской среде, а также сдвигов в экологических системах. Для этого следует осуществить ряд мероприятий, среди которых наиболее важными являются:

- проведение систематических наблюдений и оценка состояния морских вод и влияния загрязнения на естественные и физико-химические и гидробиологические условия;
- изучение путей и параметров распространения, а также естественной утилизации загрязняющих веществ для последующего определения возможного режима их сброса в море;
- составление прогноза динамики загрязнения морских вод на ближайшую и дальнюю перспективу по заданным значениям сброса отходов, гидрометеорологическим и гидрохимическим условиям;
- разработка рекомендаций по оптимальному режиму сбросов в конкретных участках морей и океанов.

В этом разделе будут рассмотрены правила наблюдений за качеством воды морей и устьевого взморья рек (морских вод). В отличие от пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод пункты наблюдений за качеством морских вод разделяются на I, II, III категории.

Число и расположение пунктов наблюдений должны обеспечивать получение информации, необходимой для выполнения задач, поставленных перед сетью станций.

В пунктах наблюдений, расположенных на замыкающем створе при глубине реки 1... 5 м, замеры осуществляются на поверхности и у дна реки. При глубине реки 5... 10 м наблюдения проводятся на поверхности, на половине глубины и у дна, а при глубине реки более 10 м – на поверхности, через каждые 5 м и у дна реки.

Состав и объем работ в пунктах наблюдений за качеством морских вод должны отвечать определенным задачам и удовлетворять запросы заинтересованных народно-хозяйственных организаций в информации о качестве вод в прибрежных зонах промышленных районов, рыбохозяйственных зонах, в районах крупных, особенно портовых, городов, морских нефтепромыслов, а также в зонах, удаленных от районов интенсивной хозяйственной деятельности человека.

В пунктах I категории наблюдения осуществляются 2 раза в месяц (1-я и 3-я декады) по сокращенной программе. По полной программе наблюдения проводятся 1 раз в месяц.

В пунктах II категории наблюдения проводятся 5-6 раз в год по полной программе, а в пунктах III категории – 2-4 раза в год.

При появлении новых источников загрязнения, изменении мощности, состава и форм старых, изменении вида водопользования и других сложившихся условий категория пункта и перечень наблюдаемых показателей могут быть изменены.

Данные о качестве как поверхностных, так и морских вод, в том числе и экстренная информация о высоких уровнях загрязнения, передаются в соответствующей форме в определенном порядке и определенные сроки заинтересованным организациям.

Наблюдения за загрязнением почв

Обобщенная программа мониторинга загрязнения почв

При оценке степени загрязнения почвы из-за чрезвычайно большой трудоемкости и стоимости проводимых работ не всегда нужна сплошная съемка загрязненных почв. Целесообразнее и экономичнее прослеживать пути воздушного и водного загрязнения почв, анализируя объединенные образцы, которые следует отбирать на ключевых участках, расположенных в секторах-радиусах вдоль преобладающих воздушных потоков.

Под ключевым участком понимается участок (1...10 га и более), характеризующий типичные, постоянно повторяющиеся в данном районе сочетания почвенных условий и условий рельефа, растительности и других компонентов физико-географической среды. Основную часть ключевых участков следует располагать в направлении двух экстремальных лучей (румбов) розы ветров. При нечетко выраженной розе ветров участки должны характеризовать территорию равномерно в направлении всех румбов розы ветров. Если есть основание полагать, что миграция тяжелых металлов связана с водными

потоками, то направление лучей нужно согласовывать с вектором водной миграции. Общее количество исследуемых участков — 15... 20.

Изучение процессов загрязнения почв на ключевых участках проводится более детально, чем на остальных территориях. Оно довольно трудоемко и требует много времени. Ключевые участки размещают на обследуемой территории таким образом, чтобы они характеризовали все возможные ландшафтно-геохимические условия, разнообразие генезиса, состава и сочетания почв, типичные биоценозы и, конечно, фоновые и техногенные участки.

При наблюдении за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами большое значение имеет сравнение изменений, происходящих по мере увеличения или уменьшения влияния того или иного фактора, и вызванных этими изменениями закономерных смен степени загрязнения почв различными ингредиентами в пространстве. Наиболее четко эти закономерности можно выявить на почвенно-геоморфологических профилях, секущих всю территорию вдоль преобладающих направлений ветра, что является ценным методом исследования сопряженных связей между распределением загрязняющих веществ в почвах и средой.

Под почвенно-геоморфологическим профилем следует понимать заранее выбранную узкую полосу земной поверхности, на которой установлена связь степени загрязнения почв с одним или несколькими экологическими факторами. Почвенно-геоморфологические профили закладываются по векторам розы ветров. Профили не могут полностью заменить ключевые участки, особенно в тех случаях, когда изменение степени загрязнения почв обусловлено характером микрорельефа, связь которой наиболее наглядно проявляется на большой территории. Следовательно, почвенно-геоморфологические профили и ключевые участки должны дополнять друг друга.

Достоверно установлено, что техногенные выбросы, загрязняющие почвенный покров через атмосферу, сосредотачиваются в поверхностных слоях почвы. Тяжелые металлы сорбируются, как правило, в первых 2...5 см от поверхности. Загрязнение нижних горизонтов происходит в результате обработки почвы (вспашки, культивации, боронования), а также вследствие диффузионного и конвективного переноса через трещины, ходы почвенных животных и растений. Поэтому наиболее четкая картина загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами может быть получена при отборе проб почв с глубин 0...10 и 0...20 с 2,5...5,0; 5...10; 10...20 и 20...40 см на целине или старой залежи.

Объединенная проба составляется, как правило, методом так называемого «конверта». Все дальнейшие операции с первичной обработкой почв аналогичны операциям, осуществляемым при контроле за загрязнением почв пестицидами. После отбора проба почвы направляется на анализ в лабораторию. К каждой пробе прилагается талон, содержащий основные необходимые сведения о самой почве и условиях ее отбора. В сопроводительном талоне указываются порядковый номер образца, число, месяц и год отбора, а также либо фактическое название, либо номер или условное обозначение пункта, расшифрованное в рабочем журнале.

При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в сопроводительном талоне указываются расстояния от источника загрязнения или внешней границы города, а также направление от источника загрязнения — азимуты по 16 направлениям (север, северо-северо-восток, северо-восток и т.д.), отмечаются показатели рельефа местности: крутизна склона, их расположение (северная, восточная, южная и западная); часть склона верхняя, средняя или нижняя треть); основные точки и линии рельефа территории, на которой закладывается площадка; вершины котловины, водоразделы, поймы. Кроме того, указываются глубина залегания грунтовых вод, определяемая по глубине колодцев (открытых и артезианских), сельскохозяйственная культура (настоящая и предшествующая) или естественная растительность и их состояние (удовлетворительное, хорошее, неудовлетворительное), а также состояние поверхности

почвы (наличие или отсутствие микроповышений или микропонижений, борозд, кочек) и качества ее обработки.

Пробы почв и сопроводительные талоны к ним сохраняются в лаборатории в течение полутора- двух лет.

Критериями при составлении перечня загрязняющих почву веществ, подлежащих контролю, являются их токсичность, распространенность и устойчивость.

Контроль за загрязнением почв пестицидами

Пестициды включают в себя следующие вещества: инсектициды — для борьбы с нежелательными насекомыми, гербициды — для уничтожения сорняков, фунгициды — для борьбы с грибковыми болезнями. Кроме того, существуют еще фумиганты и репелленты (вещества, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур). Применение пестицидов способствует повышению урожая от 20 до 60% при затратах 1... 5 % от общих издержек. Будучи биологически активными, они часто оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время существуют конкретные правила и методы отбора проб почв для определения микроколичества пестицидов и гербицидов, разработанные Институтом экспериментальной метеорологии (ИЭМ) Росгидромета. В соответствии с этими правилами наблюдения и контроль за загрязнением почв пестицидами и гербицидами включают в себя несколько важных моментов, на которые следует обратить внимание.

При подготовке к наблюдениям и контролю за загрязнением почв в полевых условиях, как правило, изучается имеющийся материал о физико-географических условиях объекта исследования, осуществляется детальное ознакомление с информацией о длительности применения пестицидов в хозяйствах изучаемого объекта, выявляются так называемые выборочные хозяйства с наиболее интенсивным (по объему) применением пестицидов в течение последних 5... 7 лет, анализируются материалы об урожайности сельскохозяйственных культур и т.д.

Исследование загрязнения почв пестицидами проводится на постоянных и временных пунктах наблюдения. Постоянные пункты создаются в различных хозяйствах района обследований не менее чем на 5-летний период. Число постоянных пунктов зависит от числа и размеров хозяйств. Кроме выборочных хозяйств, постоянные пункты создаются на территориях молокозаводов, мясокомбинатов, элеваторов, плодоовощных баз, птицеферм, рыбхозов и лесхозов и т. д. Для оценки фоновое загрязнение почв пестицидами выбираются участки, удаленные от сельскохозяйственного и промышленного производства, находящиеся в «буферной зоне» заповедников. На временных пунктах наблюдение и контроль за загрязнением почв пестицидами осуществляются в течение одного вегетационного периода или года.

Как правило, в каждом хозяйстве обследуется 8-10 полей под основными культурами. В каждом крае и области ежегодно нужно обследовать несколько хозяйств, равномерно распределенных по территории (не менее 2). Для оценки загрязнения инсектицидами, гербицидами, фунгицидами и другими пестицидами почвы отбираются 2 раза в год: весной после сева и осенью после уборки урожая. При установлении многолетней динамики остаточных количеств пестицидов в почвах или же миграций их в системе почва—растения наблюдения проводятся не менее 6 раз в год (фоновые — перед посевом, 2... 4 раза во время вегетации культур и 1... 2 раза в период уборки урожая).

Для оценки площадного загрязнения почв пестицидами обычно составляется исходная проба почвы, в которую входят 25-30 проб (выемок), отобранных в поле по диагонали тростевым почвенным буром, который погружается в почву на глубину пахотного слоя (0... 20 см). Почва, попавшая в пробу из подпахотного слоя, удаляется. Масса почвы, отобранной тростевым буром, составляет 15-20 гр. Отбор проб почвы можно производить лопатой. Если наблюдения за загрязнением почвы пестицидами производятся в садах, то каждая проба отбирается на расстоянии 1 м от ствола дерева.

Пробы- выемки, из которых составляется исходная проба, должны быть близки между собой по окраске, структуре, механическому составу и т.д.

В целях изучения вертикальной миграции пестицидов, как правило, закладываются почвенные разрезы, размеры (глубина) которых зависят от мощности почв. Почвенные разрезы представляют собой глубокие шурфы, пересекающие всю серию почвенных горизонтов и вскрывающие верхнюю часть подпочвы, т.е. неизменные или слабо измененные материнские породы.

В выбранном на поверхности земли месте отчерчивают форму шурфа — продолговатый четырехугольник со сторонами примерно 0,8 x 1,5...2,0 м. Одна из коротких стенок шурфа к моменту описания должна быть обращена к солнцу. Эта стенка будет «лицевой», рабочей, предназначенной для изучения разреза почвы.

Перед взятием проб почвы производится краткое описание мест расположения разреза и почвенных горизонтов (влажность, цвет, окраска, механический состав, структура, сложение, новообразования, включения, развитие корневых систем, следы деятельности животных, мерзлота). Пробы почвы берутся на лицевой стороне, начиная с нижних горизонтов. С каждого генетического горизонта почвы берется один образец толщиной 10 см.

Площади поля, загрязнение которого характеризует одна исходная проба почвы, для разных категорий местности и почвенных условий неодинаковы.

Отобранные тем или иным способом пробы-выемки ссыпаются на крафт-бумагу, затем тщательно перемешиваются и квартовуются 3-4 раза. После квартования почва тщательно перемешивается и делится на 6-9 частей, из центров которых берется примерно одинаковое количество почвы и насыпается в полотняный мешочек или на крафт-бумагу. Масса полученного исходного образца почв должна составлять 400 ... 500 г. Образец снабжается этикеткой и регистрируется в полевом журнале, в котором записываются следующие данные: порядковый номер образца, место отбора, рельеф, вид сельскохозяйственного угодья, площадь поля, дата отбора, кто отбирал.

Исходные пробы почв должны анализироваться в естественно-влажном состоянии. Если по каким-либо причинам произвести анализ в течение одного дня не представляется возможным, то пробы высушиваются до воздушно-сухого состояния в защищенных от солнца местах. В лаборатории из воздушно-сухого образца методом квартования берется средняя проба массой 0,2 кг. Из нее удаляются корни, камни, инородные включения, затем она растирается в фарфоровой ступке и просеивается через сито с отверстиями диаметром 0,5 мм, после чего из нее берут навески по 10... 50 г для химического анализа.

Контроль за загрязнением почв вредными веществами промышленного происхождения

Перед выполнением полевой программы наблюдений за уровнем загрязнения почв в природных и сельскохозяйственных ландшафтах необходимо провести планирование работ, т. е. определить примерное количество точек отбора почв, которые дадут основной физический материал, составить схему их территориального размещения, наметить полевые маршруты или последовательность обработки площадей, установить календарные сроки исполнения задания. Помимо этого, следует проверить наличие и качество топографического материала, а также тематических карт (почвенных, геоботанических, геологических, геохимических и др.). Кроме того, необходимо собрать сведения об источниках загрязнения почв на территории (расположение, используемое сырье, объем производства, отходы), а также установить связь с учреждениями, которые заинтересованы в предполагаемых обследованиях.

Наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах и на окружающей территории носят характер экспедиционных работ и поэтому включают в себя все мероприятия по подготовке к ним. Время проведения экспедиционных работ и отбора почв не имеет принципиального значения. Однако удобнее всего сбор материалов проводить в сухое время года, в период уборки урожая основных сельскохозяйственных

культур, т. е. летом и в начале осени. При развернутых стационарных наблюдениях отбор проб производится независимо от времени экспедиционных работ. Повторные наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами ранее обследованных территорий осуществляются через 5... 10 лет.

При выборе участков наблюдения на территориях, используемых в сельском хозяйстве, исходным рабочим документом служит топографическая основа (карта) определенного масштаба (обычно 1:10 000). Контур (схема) города (рабочего поселка) или промышленного комплекса размещаются, как правило, в центре плана местности, который переснимается с топографической основы. Из геометрического центра (город, промышленный комплекс, завод и т.д.) с помощью циркуля наносятся окружности на расстояниях 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30 и 50 км, т.е. обозначается зона возможного загрязнения почв, которая определяется скоростью и частотой ветров данного румба (розой ветров), характером выбросов в атмосферу (плотностью вещества, дисперсностью частиц), высотой труб, рельефом территории, растительностью и т. д. Значительное количество тонкодисперсных аэрозолей и газов, содержащих тяжелые металлы, остается в атмосфере, переносится на большие расстояния и поступает в глобальный круговорот на планете.

На подготовленный таким образом план местности наносятся контуры многолетней розы ветров по 8... 16 румбам. Самый большой вектор, соответствующий наибольшей повторяемости ветров, откладывается в подветренную сторону. Его длина составляет 25...30 см, т.е. 25...30 км. Таким образом, в контур, образованный розой ветров, схематически включается территория наибольшей загрязненности тяжелыми металлами. Затем в направлении радиусов строятся секторы шириной 200...300 м вблизи источников загрязнения с постепенным расширением до 1-3 км. В местах пересечения осей секторов с окружностями располагаются ключевые участки, а на них — сеть опорных разрезов, пункты и площадки взятия проб.

Для более полного понимания взаимосвязи между почвами, природными и хозяйственными условиями района проводится предварительное рекогносцировочное (разведочное) обследование местности. Во время рекогносцировки проверяются и закрепляются сведения, взятые из различных источников, формируются личные воззрения и закрепляются в памяти важные особенности объекта предстоящих обследований. Рекогносцировочные обследования проводятся маршрутным путем и зависят от природной сложности территории, степени ее изученности, площади и масштаба обследований. При детальном обследовании загрязнения почв вокруг единичного источника бывает достаточно 1 — 2 раза пересечь участок. При обследовании больших площадей (с/х полей, местности вокруг городов и т.д.) требуются значительные усилия и время, чтобы обойти всю местность, пересекая ее по главным географическим элементам.

В результате рекогносцировки выявляются основные ландшафтные особенности территории, общие закономерности пространственных изменений почвенного покрова, главные формы почвообразования и др. Одновременно проводится ознакомление с местным фондовым материалом, собираются сведения о климате и микроклимате, погодных условиях последних лет, заболеваниях людей, вызываемых повышенным содержанием вредных веществ в экосистеме.

После отбора нескольких проб почвы составляется объединенная проба, после чего она направляется в лабораторию вместе с сопроводительным талоном.

Обобщение материалов наблюдений за загрязнением почв

Влияние химических веществ антропогенного происхождения на почвенный покров, особенно вблизи источников загрязнения (вокруг городов, промышленных и сельскохозяйственных комплексов, автомагистралей и т.д.), постоянно возрастает. В составе атмосферных выбросов, загрязняющих почву, находятся макро- и микроэлементы, газы и гидрозоли, сложные органические соединения (пиридин, фенол, бензол и др.).

Негативные последствия антропогенного загрязнения почв проявляются на региональном и на глобальном уровнях. Поэтому в настоящее время разработка программ наблюдения за химическим загрязнением почв является наиболее актуальной задачей. Создание таких программ требует прежде всего правильной оценки современного состояния почв, т.е. организации системы наблюдений и оценки состояния почв, испытывающих воздействие антропогенных загрязняющих веществ.

Содержание и характер проведения наблюдений за уровнем загрязнения почв и их картографирование в сельских и городских условиях имеют свою специфику. Задачами наблюдений являются:

- регистрация современного уровня химического загрязнения почв, а также выявление географических закономерностей и динамики временных изменений загрязнения почв в зависимости от расположения и технологических параметров источника загрязнения;
- прогноз изменения химического состава почв в ближайшем будущем и оценка возможных последствий их загрязнения;
- обеспечение заинтересованных организаций информацией об уровне загрязнения почв.

С учетом перечисленных выше задач можно выделить следующие виды наблюдений:

- режимные, т. е. систематические наблюдения за уровнем содержания химических веществ в почвах в течение определенного промежутка времени;
- комплексные, включающие в себя исследования процессов миграции загрязняющих веществ в системах атмосфера — воздух — почва, почва — растение, почва — вода и почва — донные отложения;
- изучение вертикальной миграции загрязняющих веществ в почвах по профилю;
- за уровнем загрязнения почв в определенных пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

Таким образом, при наблюдениях за уровнем загрязнения почвы необходимо получить представление не только о степени ее химического загрязнения в настоящее время, но и о путях развития происходящих процессов в будущем, и в частности в период, когда будут проводиться мероприятия, направленные на уменьшение химического загрязнения почвы, существенно изменяющие ее водный, тепловой, солевой, биологический и другие режимы.

В то же время состояние и прогноз загрязнения почвы не может базироваться только на анализах проб. Почва — это элемент ландшафта, поэтому ее исследование неотделимо от изучения всех компонентов природного и антропогенного комплексов, всех путей накопления загрязняющих веществ в природных, сельских и городских условиях. Информация о загрязнении почв поступает в лаборатории в виде сопроводительных талонов, а анализы почв - в виде рабочих таблиц. По этим данным составляют справки и обзоры, а также дают так называемую штормовую информацию. В установленные методиками Гидромета сроки, данные анализа почвы, наносятся на геохимические карты.

Лекция №2. «Дистанционные методы геоэкологических исследований» (2 часа)

Введение в дистанционное зондирование Земли.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) - получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками, и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства.

С помощью дистанционного зондирования изучают физические и химические свойства объектов. Примерами естественных форм ДЗ являются зрение, обоняние и слух человека. К методам дистанционного зондирования относят и фотографическую съемку, существенным ограничением которой является то, что эмульсионный слой фотопленки чувствителен только к излучению в видимой либо близкой к ней части электромагнитного спектра.

В современном облике дистанционного зондирования выделяются два взаимосвязанных направления - естественно-научное (дистанционные исследования) и инженерно-техническое (дистанционные методы), что нашло отражение в широко распространенных англоязычных терминах *remote sensing* и *remote sensing techniques*. Понимание сущности дистанционного зондирования неоднозначно. В качестве предмета дистанционного зондирования как научной дисциплины рассматриваются пространственно-временные свойства и отношения природных и социально-экономических объектов, проявляющиеся прямо или косвенно в собственном или отраженном излучении, дистанционно регистрируемом из космоса или с воздуха в виде двумерного изображения - снимка. Эта существенная часть дистанционного зондирования названа аэрокосмическим зондированием (АКЗ), что подчеркивает его преемственность с традиционными аэрометодами. Метод аэрокосмического зондирования основан на использовании снимков, которые, как свидетельствует практика, представляют наибольшие возможности для комплексного изучения земной поверхности.

Методы ДЗ основаны на использовании сенсоров, которые размещаются на космических аппаратах и регистрируют электромагнитное излучение в форматах, существенно более приспособленных для цифровой обработки, и в существенно более широком диапазоне электромагнитного спектра. В большинстве методов ДЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра.

Во всех странах действенным стимулом развития аэрокосмического зондирования служат запросы военных ведомств. С внедрением космических методов и современных цифровых технологий аэрокосмическое зондирование приобретает все более важное экономическое значение и становится обязательным элементом высшего образования в природо-ведческих вузах, превращается в мощное средство изучения Земли от локальных исследований отдельных компонентов до глобального изучения планеты в целом. Поэтому при изложении различных аспектов аэрокосмического зондирования целесообразно рассматривать его как метод исследований, результативно применяемый во всех науках о Земле, и, прежде всего в географии.

Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использование в географических информационных системах (ГИС) схематически представлены на Рисунке 1.

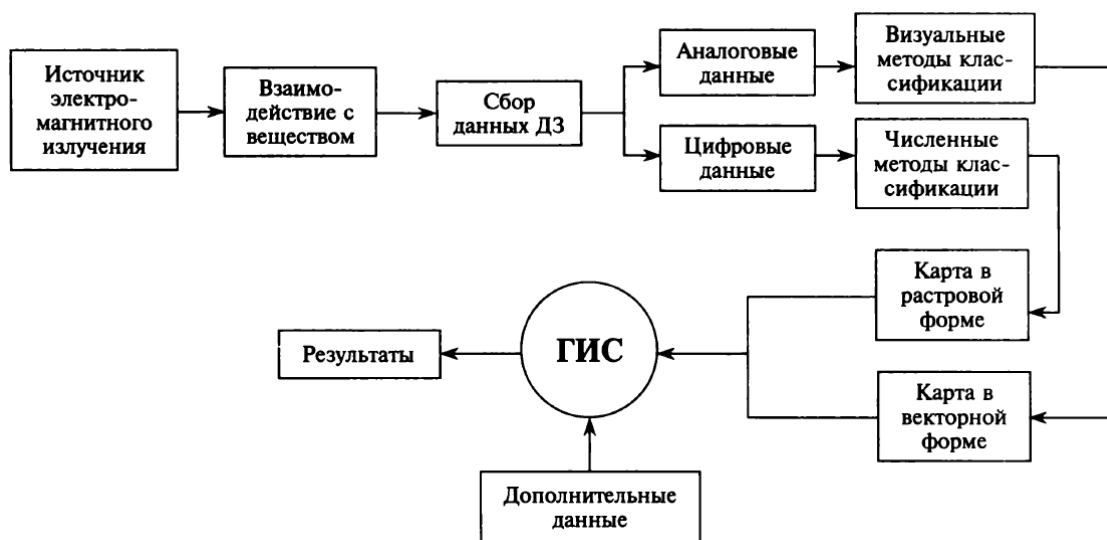


Рисунок 1. Интеграция данных дистанционного зондирования в ГИС

Материалы дистанционного зондирования (ДЗ) являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных. Правильно организованная система дистанционных исследований должна быть ориентирована на решение конкретных геологических задач, обуславливающих выбор орбит космических носителей, набор датчиков, характер сбора, переработки и передачи на наземные комплексы первичных данных и тип представляемых материалов.

Схема дистанционного зондирования.

На Рисунке 2 изображена упрощенная структурная схема системы ДЗ. Система состоит из нескольких взаимосвязанных элементов, или блоков.

Сцена - это то, что находится перед датчиком; построение геологической модели сцены является в самом общем виде той целью, ради которой создается система. Изучение сцены на расстоянии возможно благодаря тому, что она обнаруживает себя в физических полях, которые могут быть измерены. Наиболее часто используются излученные или отраженные электромагнитные волны, в последнем случае необходим источник освещения, пассивный (например, Солнце) или активный (лазеры, радиолокаторы и др.). Физические поля измеряются датчиками, входящими в состав высотного комплекса, который кроме измерений служит для первичной обработки и передачи данных на Землю. Данные, закодированные в электромагнитном сигнале или записанные на твердотельные носители (фотопленки, магнитные ленты и пр.), доставляются в наземный комплекс, в котором происходит их прием, обработка, регистрация и хранение. После обработки данные обычно переписываются в кадровую форму и выдаются в качестве материалов дистанционного зондирования, которые по традиции называются космическими снимками. Пользователь, опираясь на внешнюю базу знаний, а также собственный опыт, интуицию, проводит анализ и интерпретацию материалов ДЗ и создает геологическую модель сцены, которая и является формой регистрации решения поставленной проблемы. Достоверность модели проверяется сопоставлением, или идентификацией модели и сцены; идентификация замыкает систему и делает ее пригодной для прикладного пользования.

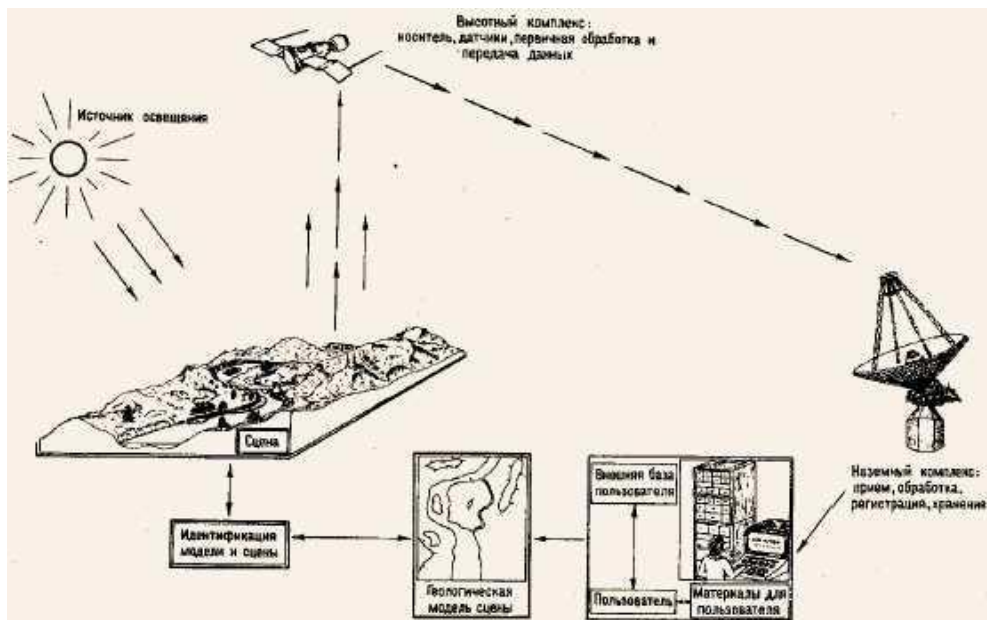


Рисунок 2. Структурная схема системы дистанционного зондирования.

Системы ДЗ разрабатываются в двух вариантах - ориентированные на изображение и ориентированные на число. Первый вариант рассчитан на визуальное дешифрирование материалов ДЗ, которые в связи с этим предоставляются пользователю в виде КС. Второй учитывает возможность автоматического (компьютерного) распознавания геологических и других образов. Образные и числовые варианты дистанционного зондирования дополняют друг друга. Несмотря на то что технология автоматического распознавания образов появилась позже и связана с прогрессивным и дорогим техническим обеспечением, визуальный анализ и геологическая (экологическая) интерпретация КС сохраняют свое лидирующее положение. Чтобы понять причины этой ситуации, необходимо рассмотреть основные способы получения материалов дистанционного зондирования и сопоставить принципы, лежащие в основе автоматического и визуального дешифрирования МДЗ.

Этапы дистанционного зондирования и анализа данных

На Рисунке 3 в обобщенном виде представлена принципиальная схема выполнения аэрокосмических исследований. Она включает основные технологические этапы: получение снимка объекта исследования и дальнейшую работу со снимками - их дешифрирование и фотограмметрическую обработку, а также конечную цель исследований - составленную по снимкам карту, геоинформационную систему, разработанный прогноз. Поскольку получить необходимые характеристики изучаемого объекта только по снимкам без каких-либо натуральных определений, без обращения к «земной правде» в большинстве случаев невозможно, необходимо их эталонирование. Важным элементом исследований по снимкам является также оценка достоверности и точности полученных результатов. Для этого приходится привлекать другую информацию и обрабатывать ее иными методами, что требует дополнительных затрат.



Принципиальная схема аэрокосмических исследований, показывающая основные технологические этапы и конечную цель

Рисунок 3. Принципиальная схема аэрокосмических исследований

Оптимальный способ использования данных наблюдения поверхности Земли со спутников заключается в том, чтобы анализировать их совместно с информацией из других источников, - в этом случае они становятся необходимой составляющей процесса принятия решений и моделирования в любой предметной области. Еще один важный принцип дистанционного зондирования - многокомпонентность - реализуется в виде различных методов съемки и анализа данных.

Стереосъемка. Получение снимков с перекрытием из нескольких последовательных точек орбиты позволяет получить более точное представление о трехмерных объектах и повысить отношение сигнал/шум.

Многозональная съемка. Использование многозональных снимков основано на уникальности тоновых характеристик различных объектов. Объединение яркостных данных из снимков в различных спектральных диапазонах позволяет безошибочно выделять определенные пространственные структуры. Съемку с использованием большого числа (более 10) узких съемочных зон называют гиперспектральной. Многозональный снимок представлен серией зональных изображений, которые различаются в соответствии с особенностями спектральной яркости объектов съемки. При использовании большого числа (до нескольких сотен) узких спектральных зон такую съемку называют гиперспектральной, а снимок - гиперспектральным. При гиперспектральной съемке увеличивается возможность выделения объектов, характеризующихся наличием полос поглощения, что характерно, например, для загрязнений. Многозональная и гиперспектральная съемки позволяют более эффективно использовать различия в спектральной яркости объектов съемки для их дешифрирования. К этому виду снимков можно отнести также радиолокационные снимки, получаемые как при регистрации отраженных радиоволн разной длины, так и при разной их поляризации.

При работе с многозональными снимками применяется ряд приемов. Наиболее универсальный - синтезирование цветного изображения при целенаправленном выборе набора зон и их окрашивании для выделения интересующих исследователя объектов. Работа с серией зональных снимков основывается на учете различий в спектральной яркости исследуемых объектов в используемых спектральных зонах, например, яркости растительности в красной и ближней инфракрасной зонах. Это реализуется сопоставлением зональных изображений при визуальном дешифрировании (приемы сопоставительного дешифрирования) и классификацией объектов по спектральным признакам при компьютерном дешифрировании. Работа с очень большим числом съемочных зон гиперспектральных снимков, затруднена, поэтому по ним создаются так называемые индексные изображения на основе расчета специально выбранных спектральных индексов, способствующих выделению определенного типа объектов (вегетационные индексы для дешифрирования свойств растительности, индекс влажности почв, заснеженности территории, концентрации фитопланктона и др.).

Многовременная съемка. Плановая съемка в заранее определенные даты позволяет выполнять сравнительный анализ снимков тех объектов, характеристики которых изменяются во времени.

Многоуровневая съемка. Съемку с различными уровнями дискретизации используют для получения все более подробной информации об изучаемой территории. Как правило, весь процесс сбора данных подразделяют на три уровня: космическая съемка, аэросъемка и наземные исследования.

Многополяризационная съемка. Снимки, полученные этим методом, используют для проведения границ между объектами на основе различий в поляризационных свойствах отраженного излучения. Так, например, отраженное излучение от водной поверхности обычно более сильно поляризовано, чем отраженное излучение от растительного покрова.

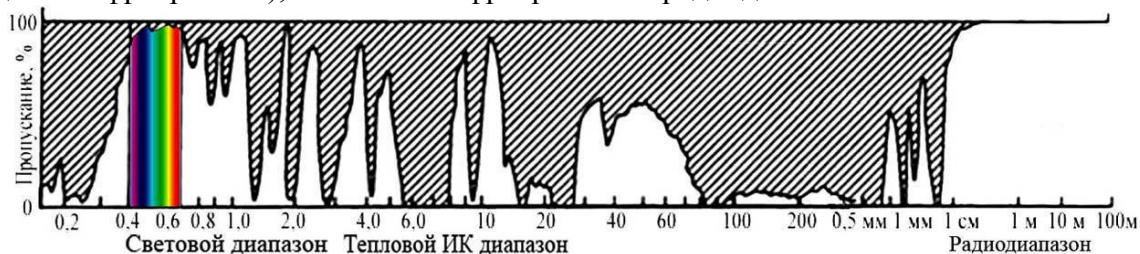
Комбинированный метод. Заключается в использовании многовременной, многозональной и многополяризационной съемки.

Междисциплинарный анализ. Обработку и дешифрирование данных выполняют несколько человек, специализирующихся в разных предметных областях. Это позволяет получить более полную и достоверную информацию о состоянии природных ресурсов. Результаты такого анализа обычно представляют в виде набора тематических карт.

Подавляющее большинство данных дистанционного зондирования имеет географическую привязку. Поскольку такие данные изучают, как правило, во взаимосвязи друг с другом, для каждодневной работы и принятия решений необходимо иметь эффективное средство манипулирования данными. Таким автоматизированным средством является географическая информационная система - инструмент единого подхода к управлению и обработке пространственной информации, включая и материалы дистанционного зондирования.

Техника получения материалов дистанционного зондирования

Аэрокосмическую съемку ведут в окнах прозрачности атмосферы (Рисунок 4), используя излучение в разных спектральных диапазонах - световом (видимом, ближнем и среднем инфракрасном), тепловом инфракрасном и радиодиапазоне.



Окна прозрачности атмосферы - участки спектра электромагнитных волн, для которых пропускание атмосферы достаточно велико

Рисунок 4. Окна прозрачности атмосферы

Процедура дешифрирования, дешифровочные признаки

Необходимая для исследований информация (предметно-содержательная и геометрическая) извлекается из снимков двумя основными методами, это дешифрирование и фотограмметрические измерения.

Дешифрирование, которое должно дать ответ на основной вопрос - что изображено на снимке, позволяет получать предметную, тематическую (в основном качественную) информацию об изучаемом объекте или процессе, его связях с окружающими объектами. В визуальном дешифрировании обычно выделяют чтение снимков и их интерпретацию (толкование). Умение читать снимки базируется на знании дешифровочных признаков объектов и изобразительных свойств снимков. Глубина же интерпретационного дешифрирования существенно зависит от уровня подготовки исполнителя. Чем лучше знает дешифровщик предмет своего исследования, тем полнее и достовернее информация, извлекаемая из снимка.

Фотограмметрическая обработка (измерения) призвана дать ответ на вопрос - где находится изучаемый объект и каковы его геометрические характеристики: размер, форма. Для этого выполняется трансформирование снимков, их изображение приводится в определенную картографическую проекцию. Это позволяет определять по снимкам положение объектов и их изменение во времени.

Современные компьютерные технологии получения информации по снимкам позволяют решать следующие группы задач:

- визуализация цифровых снимков;
- геометрические и яркостные преобразования снимков, включая их коррекцию;
- конструирование новых производных изображений по первичным снимкам;
- определение количественных характеристик объектов;
- компьютерное дешифрирование снимков (классификация).

Для выполнения компьютерного дешифрирования применяют наиболее распространенный подход, основанный на спектральных признаках, в качестве которых служит набор спектральных яркостей, зарегистрированных многозональным снимком. Формальная задача компьютерного дешифрирования снимков сводится к классификации - последовательной «сортировке» всех пикселей цифрового снимка на несколько групп. Для этого предложены алгоритмы классификации двух видов - с обучением и без обучения, или кластеризации (от англ. cluster - скопление, группа). При классификации с обучением пиксели многозонального снимка группируются на основе сравнения их яркостей в каждой спектральной зоне с эталонными значениями. При кластеризации же все пиксели разделяют на группы- кластеры по какому-либо формальному признаку, не прибегая к обучающим данным. Затем кластеры, полученные в результате автоматической группировки пикселей, дешифровщик относит к тем или иным объектам. Достоверность компьютерного дешифрирования формально характеризуется отношением числа правильно классифицируемых пикселей к их общему числу.

Вычислительные алгоритмы, основанные на спектральных признаках отдельных пикселей, обеспечивают надежное решение только самых простых классификационных задач; они рационально включаются в качестве элементов в сложный процесс визуального дешифрирования, которое пока остается основным методом извлечения природной и социально- экономической информации из аэрокосмических снимков.

Дешифрирование определяют, как процесс изучения снимков с целью идентификации объектов и оценки их значимости. Дешифрирование является сложной задачей, для решения которой необходимо выполнить ряд работ по классификации и подсчету количества объектов, измерению их параметров и определению границ.

Первым этапом дешифрирования является классификация объектов, в ходе которой оператор относит различные объекты на снимке к определенным классам или кластерам. Процедура классификации также состоит из нескольких этапов, первым из которых является выделение пространственных объектов. Затем на этапе распознавания устанавливается тождество между отдельными объектами и соответствующими классами. Для выполнения этого шага необходимы дополнительные знания об изучаемой территории. Наконец, на заключительном этапе, который называется идентификацией, каждый объект на снимке приписывается с некоторой степенью вероятности к одному из определенных классов.

Следующий этап дешифрирования - подсчет количества объектов на снимке - во многом зависит от того, насколько точно была проведена их классификация.

Третий этап состоит в определении геометрических характеристик объекта: длины, площади, объема и высоты. К этому этапу относятся и денситометрия - измерение яркостных характеристик объекта.

Последний этап заключается в определении контуров однородных по своим свойствам объектов или пространственных областей, которые при этом закрашиваются

определенным цветом или штриховкой. Эту задачу проще выполнять при наличии у объектов четких границ и гораздо сложнее там, где свойства объектов изменяются плавно, например, на границе водоема и песчаных почв.

Для успешного дешифрирования очень важно понимать, от каких параметров зависит представление объекта на снимке.

Дешифровочные признаки

Дешифровочные признаки - свойства объектов, которые прямо или косвенно находят отображение на снимках и обеспечивают распознавание объектов.

Использование дешифровочных признаков составляет основу визуального дешифрирования снимков, которое, наряду с измерениями, представляет собой основной метод извлечения информации со снимков.

Дешифровочные признаки делят прямые и косвенные. Свойства объектов, находящие непосредственное отображение на снимках, принято называть прямыми дешифровочными признаками. К ним относятся три группы признаков:

- геометрические (форма, тень, размер),
- яркостные (фототон, уровень яркости, цвет, спектральный образ),
- структурные (текстура, структура, рисунок изображения).

Размер объекта зависит от масштаба. Как правило, при дешифрировании анализируются относительные размеры объектов на одном и том же снимке. Например, размер частного дома должен быть меньше размера крупного торгового центра.

Форма объекта или его контуров является очень четким критерием дешифрирования. Как правило, объекты, созданные человеком (например, дороги, каналы, здания), имеют четкие границы и правильную форму, а форма природных объектов - лесных массивов, водоемов и пр. - является очень нерегулярной.

Тон объекта характеризует его относительную яркость или цвет. Это один из наиболее важных качественных критериев дешифрирования. Обычно тон объекта определяется как темный, средний или яркий.

Структура изображения определяется взаимным расположением объектов на снимке. Как правило, отчетливая и хорошо распознаваемая структура возникает в местах периодически повторяемых тонов и текстур. Так, например, разную структуру образуют упорядоченные дома в городе и деревья в саду.

Текстура, или частота изменений тона в определенной области снимка, является качественным параметром и обычно характеризуется как резкая или плавная. Например, сухие песчаники обладают плавной текстурой без выраженных вариаций тона. Наоборот, текстура смешанного леса является очень резкой из-за частых пространственных изменений тона, которые связаны с различием в форме и размерах верхушек деревьев разных пород и вариациями плотности лесного покрова.

Тень является одним из наиболее важных критериев дешифрирования, поскольку она дает представление об относительной высоте и профиле объекта. В горных районах тень хорошо подчеркивает топографические особенности рельефа и является полезным критерием при дешифрировании геологических структур.

Взаимосвязи - еще один важный критерий дешифрирования, определяющий закономерности взаимного расположения близлежащих объектов. Например, небольшие участки земли белого цвета, расположенные нерегулярно вдоль реки, свидетельствуют о наличии у нее сухого песчаного берега. Сетка линий и регулярно расположенные прямоугольные объекты между ними указывают на территорию городского типа.

Тип местности является описательной характеристикой территории, в том числе ее топографии, почвенного или растительного покрова и т. д.

Прямые дешифровочные признаки позволяют распознать объекты, изобразившиеся на снимке, однако по ним не всегда удастся определить их свойства, то есть интерпретировать их, а также картографировать объекты, не изобразившиеся на снимках, изучать процессы и явления. Для этого используются косвенные дешифровочные

признаки, методологической основой применения которых служит наличие взаимосвязей и взаимообусловленности всех природных и антропогенных свойств территории. В качестве косвенных признаков обычно выступают прямые дешифровочные признаки других объектов - индикаторов. Среди них выделяют:

- индикаторы объектов, не изобразившихся на снимках; индикаторы свойств объектов;
- индикаторы движения или изменений.

Индикационное дешифрирование, предусматривающее определение одних компонентов ландшафта по другим, физиономичным, легко опознаваемым на снимке, т. е. индикаторам - распространенный прием визуального географического дешифрирования.

Используя измерения формы объектов, определение количественных статистических показателей распределения объектов массового распространения, особенности рисунка изображения, выполняют морфометрическое дешифрирование. Количественные характеристики ландшафтных рисунков изучаются для разработки на их основе компьютерных алгоритмов морфометрического ландшафтного дешифрирования.

Дешифровочные признаки были сформулированы применительно к дешифрированию аэрофотоснимков, но большинство их них сохраняет значение при работе с космическими снимками, в том числе при получившем широкое распространение визуальном дешифрировании цифровых снимков на экране компьютера.

Дешифрирование - это специальная процедура, позволяющая связать географические структуры на земной поверхности с их изображением на снимке. Согласно Кэмбелу, можно выделить пять различных методов дешифрирования.

Полевые исследования

Часто снимок оказывается слишком сложным для анализа, и специалист по дешифрированию, несмотря на свои знания и опыт, не в состоянии установить взаимосвязь между объектами на земной поверхности и снимком. В этом случае для точной идентификации объектов необходимо провести полевые исследования, которые, в действительности, являются важной составной частью любой задачи дешифрирования.

Дешифрирование по прямым признакам

Этот метод дешифрирования сводится к применению знаний, опыта и аналитических способностей специалиста к распознаванию различных структур на снимке и определению их принадлежности к тому или иному классу объектов. По существу, этот процесс заключается в качественном и субъективном анализе снимка на основе различных дешифровочных признаков. Поскольку этот метод дешифрирования зависит от человеческой интуиции, анализ снимка должен проводиться методично и очень тщательно.

Дешифрирование по косвенным признакам

В этом случае дешифрирование снимка выполняется на основе информации о наличии или отсутствии связанных с объектом косвенных признаков. Так, границы почв напрямую связаны с такими факторами почвообразования, как рельеф и растительность. Поэтому дешифрирование последних позволяет восстановить и распределение почвенного покрова. Для того чтобы успешно применять этот метод, необходимы глубокие знания взаимосвязей между используемыми косвенными признаками и самим объектом.

Дешифрирование, основанное на вероятностях

Свойства многих объектов и явлений тесно связаны с определенными характеристиками природной среды. В качестве примера можно привести сезонность вызревания зерновых культур. Эту дополнительную информацию очень часто удается сформулировать в виде вероятностного утверждения и использовать его для дешифрирования.

Дешифрирование с помощью измерений

Этот метод дешифрирования является наиболее строгим и точным, поскольку он основан на использовании количественных взаимосвязей между самим снимком и объектами на нем. В отличие от других способов дешифрирования в данном методе большая часть информации извлекается непосредственно из снимка. Примером этого способа может служить фотограмметрический анализ стереопар. Сначала проводится съемка исследуемой области с двух различных точек траектории полета летательного аппарата, после чего измеряется видимое на стереопаре смещение объекта. Поскольку геометрические параметры съемки известны, по этим измерениям можно восстановить топографическую модель рельефа. Таким образом, для получения точных данных о рельефе в данном методе используются только сами снимки и информация о геометрических параметрах съемки.

В зависимости от цели исследования можно использовать различные комбинации перечисленных методов. Например, при дешифрировании почв сначала может оказаться необходимым выделить с помощью прямых признаков различные типы растительного покрова, а затем использовать эти результаты в качестве косвенных признаков для определения границ различных видов почв.

Выделение зональностей. Реестр результатов дешифрирования

Еще одним методом дешифрирования сложных структур является выделение на снимке зональностей - участков однородного тона и текстуры изображения. При использовании этого метода оператор обращает внимание на общую структуру изображения, не стараясь распознать отдельные ландшафтные единицы.

Сначала на снимке выделяют области, однородные по тону, текстуре и другим признакам, затем эти зоны стараются отнести к одному из возможных классов объектов. Очевидно, что на этом шаге необходимо использовать данные полевых исследований и другую вспомогательную информацию. Если результаты дешифрирования оказываются неудовлетворительными, можно попытаться объединить или разделить выделенные области.

Выделение зон - мощный инструмент дешифрирования, который, однако, следует применять с осторожностью. Выделенные зоны могут не точно соответствовать изучаемым классам объектов. Например, тон и структура одной области могут определяться геологическим строением и топографией, а схожие характеристики другой области - растительным покровом.

Реестр результатов дешифрирования - это способ собрать воедино всю имеющуюся информацию. Такие реестры выполняют двойную функцию, являясь одновременно:

1. Средством обучения молодых специалистов методам дешифрирования сложных снимков или тематического дешифрирования в новой области.
2. Способом документирования информации и примеров дешифрирования, относящихся к определенной тематической области.

По существу, реестр результатов дешифрирования - это набор справочных материалов, с помощью которых можно быстро и точно идентифицировать объекты на снимках. Обычно реестр состоит из двух частей: набора снимков или стереопар с примечаниями и графического или словесного описания. Реестры систематизируются так, чтобы в любой момент можно было легко найти нужный снимок, относящийся, например, к определенной дате, территории или объекту.

Реестр результатов дешифрирования - это еще и способ систематизации сведений о важнейших характеристиках объекта или явления.

В то же время, следует подчеркнуть, что для использования реестров необходимы знания в тематической области. Сведения, содержащиеся в реестре, не могут заменить опыта специалиста, это всего лишь способ систематизации информации, который помогает ускорить процесс обучения дешифрированию.

Реестры результатов дешифрирования являются эффективным способом распространения опыта ведущих специалистов. Они помогают развивать практические навыки работы со снимками и позволяют получать четкое представление о самом процессе дешифрирования.

Автоматизированные методы дешифрирования

Основные принципы дешифрирования были сначала разработаны для аэрофотоснимков, а затем адаптированы к задачам дистанционного зондирования с использованием космических снимков. Далее описываются автоматизированные методы анализа цифровых данных, которые стали широко применяться с появлением мощных компьютеров.

Обработка цифровых снимков. Основные этапы.

Помимо визуальных методов дешифрирования космических снимков, которые обсуждались ранее, для анализа данных дистанционного зондирования применяют также численные методы, реализованные в специальном программном обеспечении. Хотя эти методы и не могут полностью заменить собой традиционные способы дешифрирования, у них есть определенные преимущества, к которым можно отнести повторяемость результатов, определение большего числа оттенков серого цвета, возможность проведения количественного анализа и т. д. Подробное сравнение визуальных и численных методов анализа космических снимков приводится в Таблице 1.

Методы обработки цифровых снимков - обширная тема, для изложения которой зачастую требуется привлекать сложный математический аппарат. Обработка цифровых снимков - важнейшая составляющая дистанционного зондирования, назначение которой состоит в том, чтобы сделать цифровые снимки пригодными для большинства областей применения, в процессе обработки используют численные методы, основанные только на анализе яркостных и спектральных характеристик, проявляющихся на снимке в виде вариаций тона и цвета пикселей.

Таблица 1. Сравнение визуальных и численных методов дешифрирования

Визуальные методы	Численные методы
Традиционный подход, основанный на интуиции человека. Результаты дешифрирования во многом зависят от опыта специалиста	Современный подход, требующий специальной подготовки
Не требуется сложного и дорогостоящего оборудования	Сложные математические методы, для применения которых необходимо дорогостоящее оборудование
Используются яркостные характеристики объектов. Основное внимание на снимке уделяется пространственной информации	В основе методов — анализ яркостных и спектральных характеристик снимков. Содержащаяся на снимке пространственная информация не используется
Хотя в анализ данных можно включать несколько спектральных диапазонов, как правило, используют только один из них	Анализируются данные из нескольких спектральных диапазонов
Анализ является субъективным и качественным, а его результаты во многом зависят от опыта оператора. Однако выводы из этого анализа — вполне конкретные	Анализ является объективным и количественным, но во многом абстрактным

Результатом обработки является новый снимок, который можно вывести на экран монитора и сохранить в цифровом формате для последующего использования. Выделяют следующие этапы обработки цифровых снимков:

1. Коррекция и восстановление снимков.

2. Улучшение снимков.
 3. Классификация данных.
 4. Объединение данных и их интеграция в ГИС.
- Этапы обработки цифровых снимков схематически представлены на Рисунке 5.

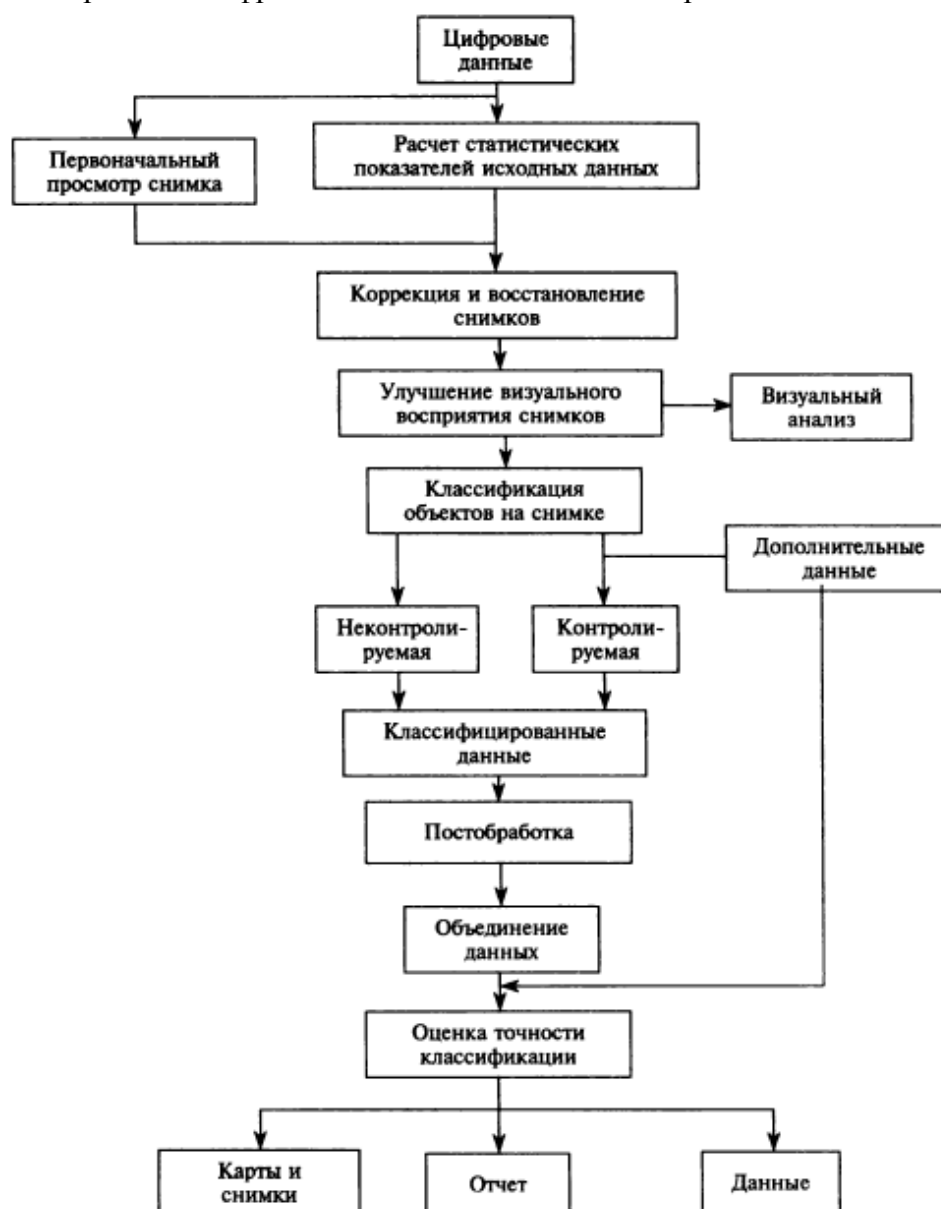


Рисунок 5. Этапы обработки цифровых снимков

Расчет статистических показателей исходных данных

Статистические показатели используются для быстрой оценки поступивших со спутника исходных данных. Для каждой спектральной зоны рассчитывают минимальное, максимальное и среднее значения, стандартное отклонение и дисперсию. Зависимость между данными в различных спектральных диапазонах определяют с помощью ковариационной и корреляционной матриц. Для наглядного представления данных служат гистограммы и диаграммы рассеяния. Всю полученную таким образом статистическую информацию используют на следующих этапах предварительной обработки.

Коррекция и восстановление снимков

Коррекция - это операция, которая применяется к исходным данным для устранения искажений. При сильных искажениях говорят о восстановлении снимков. К коррекции относятся такие операции, как устранение геометрических искажений, связанных с сенсором, внесение поправок на форму земной поверхности,

трансформирование снимка к определенной проекции, радиометрическая калибровка и устранение шума. Тип коррекции во многом определяется характеристиками сенсора.

Улучшение визуального восприятия снимков

Улучшающие преобразования, которые применяют к снимкам, облегчают их дешифрирование и анализ. Как правило, для улучшения снимков используют методы, которые увеличивают видимые различия между объектами. Например, для подчеркивания тоновых различий используют методы увеличения контрастности, а для подавления определенных пространственных структур - пространственную фильтрацию. Для контроля качества результирующих изображений, которые могут быть как монохромными, так и цветными, их просматривают на экране монитора либо печатают на пленке или бумаге.

Преобразование снимков

В отличие от операций улучшения снимков, для их преобразования используют данные не из одного, а из нескольких спектральных диапазонов. Новые изображения получают путем попиксельного сложения, вычитания, умножения или деления данных из разных диапазонов так, чтобы выделить или подчеркнуть определенные характеристики изображения. Еще одной задачей преобразования снимков является устранение избыточности данных, которая возникает при близком расположении спектральных диапазонов многозональных снимков. Эта задача решается методом главных компонент.

Классификация данных

Цель классификации состоит в замене визуального анализа снимка автоматизированной процедурой идентификации объектов, в процессе такой идентификации каждый пиксель цифрового снимка относят на основании некоторых статистических критериев к одному из классов пространственных объектов. Если классифицирующим признаком служит спектральная яркость, процесс классификации называют распознаванием спектральных образов. Если же статистический критерий основывается на геометрической форме, размерах и структуре объектов, говорят о распознавании пространственных образов. Результаты классификации можно использовать для создания тематических карт и статистических отчетов для территорий различного типа. Среди множества методов классификации выделяют два основных: контролируемая классификация и неконтролируемая классификация.

Объединение данных и их интеграция в ГИС

Объединение данных космической съемки с другими данными возможно на основании географической привязки к изучаемой территории, в частности, можно объединять данные, полученные в разное время с одного и того же спутника, или данные, полученные разными системами дистанционного зондирования. Для объединения данных ДЗ с данными из других источников используют средства ГИС.

Для получения практических умений и навыков по данному разделу предусмотрено проведение двух практических занятий:

1. «Производство плановой и перспективной съёмки участков местности с помощью беспилотного летательного аппарата». Целью работы является получение практических навыков применения беспилотных летательных аппаратов для производства аэрофотосъёмочных работ.

2. «Источники ошибок и требования к точности пилотирования при аэрофотосъёмке. Первичная обработка и контроль качества ДДЗ». Целью работы является оценка точностных характеристик и качества данных дистанционного зондирования.

Лекция №3. «Дроны в экологическом мониторинге» (2 часа)

Согласно определению, одобренному Ассамблеей ИКАО, «беспилотный летательный аппарат (дрон) представляет собой воздушное судно без пилота..., которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса, либо запрограммировано и полностью автономно».

Авиационные эксперты выделяют три основных типов воздушных судов, кроме военных ракет, которые летают без бортовых пилотов:

- Управляемые дистанционно;
- Запрограммированные и работающие под управлением навигационных систем;
- Разработанные с наложенными ограничениями полета и летающие повторяющимся образом.

Впервые гражданское применение дронов анонсировал Amazon для доставки потребительских товаров в 2013 году. После чего рынок стал стремительно развиваться, открывая новые сферы коммерческого и частного применения. Помимо самих изготовителей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) интерес к теме проявляют компании-дистрибьютеры таких устройств, производители компонентов, оптики и систем компьютерного зрения, программного обеспечения, компании картографических сервисов и аэрофотосъемки, аграрный сектор, широкий круг государственных служб (полиция, скорая помощь, пожарные, аварийные службы), страховые и инвестиционные компании и другие.

Классификация дронов

Беспилотные летательные аппараты трудно классифицировать, так как они имеют очень разные характеристики. Это разнообразие происходит от обилия конфигураций и компонентов БПЛА. Производители пока не ограничены никакими стандартами. В результате сегодня отсутствуют требования со стороны авиационных регуляторов о том, как БПЛА должен быть оснащен.

Беспилотники напоминают вертолет с 4 лопастями. Они отличаются габаритами, функциональностью, дальностью полетов, уровнем автономности и другими характеристиками.

Условно все дроны можно поделить на 4 группы:

- Микро. Такие БПЛА весят меньше 10 кг, максимальное время нахождения в воздухе – 60 минут. Высота полета – 1 километр.
- Мини. Вес этих аппаратов достигает 50 кг, время пребывания в воздухе достигает 5 часов. Высота полета варьируется от 3 до 5 километров.
- Миди. Беспилотные летательные аппараты весом до 1 тонны, рассчитаны на 15 часов полета. Такие БПЛА поднимаются на высоту до 10 километров.
- Тяжелые беспилотники. Их вес превышает тонну, разработаны аппараты для дальних полетов продолжительностью более суток. Могут перемещаться на высоте 20 километров.

В конструкции беспилотного аппарата есть спутниковый навигатор и программируемый модуль. Если БПЛА используется для получения, сохранения и передачи информации на пульт оператора, в нем дополнительно устанавливаются карта памяти и передатчик.

Конструкция и функциональность меняются в зависимости от назначения аппарата. Есть модели дронов, которые умеют принимать команды человека и реагировать на них. В таких устройствах установлены специальные модули-приемники команд.

J'son & Partners Consulting классифицирует дроны (БПЛА) по следующим основным характеристикам:

- по дизайну / конфигурации;
- по типу взлета;
- по целевому назначению;
- по техническим характеристикам;
- по типу питания силовой установки;
- по полезной нагрузке;
- по типу системы автоматизации;
- по системе предотвращения столкновений;
- по типу навигации;
- по типам защиты от глушения сигналов;
- по пропускной способности радиочастотного спектра;
- по бортовой обработке данных;
- по специализации программного обеспечения.

Оценки рынка БПЛА

2018: Продажи дронов в России составили 160 тыс. штук (+70%) на сумму 1,9 млрд рублей (+53%) В 2018 году россияне приобрели 160 тыс. беспилотных летательных аппаратов, что на 70% больше, чем годом ранее, чему во многом способствовал высокий спрос на дешевые изделия. В деньгах объем рынка вырос на 53% и достиг 1,9 млрд рублей, свидетельствуют данные группы «М.Видео-Эльдорадо». У самого ритейлера годовые продажи дронов подскочили более чем вдвое.

Наиболее популярными в 2018 году стали бюджетные беспилотники стоимостью до 7 тыс. рублей. За счет их появления на рынке средняя цена на БПЛА снизилась на 10% по сравнению с 2017 годом и составила 1,9 тыс. рублей.



Рисунок 1. Коптер, оборудованный цифровой камерой

По оценкам J'son & Partners Consulting, мировой рынок БЛА в 2017 году составил \$7,8 млрд и продолжит активно расти. Большая часть стоимости рынка приходится на военные БЛА (53% рынка). В количественном выражении структура рынка зеркально обратная: основную долю в количестве занимают потребительские БЛА (84%), 15%

приходится на коммерческие БЛА и всего 0,5% – на военные дроны. Связано это с тем, что военные БЛА стоят в среднем в 200 раз больше, чем дроны для гражданских нужд.

В связи с постепенным удешевлением компонентной базы БЛА, а также выходом на рынок многочисленных новых игроков, в том числе и в военном сегменте, средняя стоимость дронов продолжит снижаться к 2020 году по всем сегментам на 7-27%. Это приведет и к изменению структуры рынка БЛА (как в денежном, так и в количественном выражении), поскольку на рынок будут поступать сотни тысяч и даже миллионы постоянно дешевающих потребительских дронов, по функционалу сравнимых уже с коммерческими БЛА, а на военный рынок выйдут новые игроки (например, из Китая), которые предложат необходимый функционал по более низкой цене, чем у сегодняшних моделей.

В стоимостном выражении дроны гражданского назначения составляют уже чуть меньше половины рынка (47%), из них на коммерческие БЛА приходится половина из общей суммы (24%), оставшаяся часть - на потребительские (23%). Тем не менее, по оценкам J'son & Partners Consulting, мировой рынок БЛА будет расти намного более быстрыми темпами в количестве, чем в стоимости. А его основным драйвером останутся потребительские БЛА.

Что касается российского рынка БЛА, то по итогам 2017 г. наша страна занимала 3% в количестве и 2% в стоимости мирового рынка. При этом в сегменте военных БЛА ее доля кратно выше (15% в штуках). В 2017 году российский рынок БЛА оценивается в 163 млн долларов (9,5 млрд руб.) и к 2020 году рынок может вырасти в 1,5 раза.

По оценке J'son & Partners Consulting, доля дронов отечественного производства на рынке РФ составляет в 2017 году 10% и увеличится до 11% к 2020 году. Основной прирост придется на коммерческий сегмент, где ожидается большая активность российских производителей и который увеличится в два раза к текущему уровню. Таким образом, до 40% коммерческих дронов, продаваемых в РФ, будут отечественного производства.

Дальнейшему росту локального рынка и экспортного потенциала отечественных решений все еще мешают серьезные регуляторные ограничения.

Согласно прогнозам японских экспертов, мировой рынок дистанционно управляемых летательных аппаратов вырастет к 2020 году до \$20,5 млрд (на 80% больше по сравнению с 2015 годом).

По данным J'son & Partners Consulting, в 2016 году мировой рынок БПЛА оценивается в 7,3 млрд долларов. Прогнозируется, что он вырастет до 9,5 млрд долларов к 2020 году. Российский рынок БПЛА в 2016 году составит 147 млн долларов с потенциалом роста до 224 млн долларов к 2020 году.

Согласно оценкам аналитиков Euroconsult, произведенным в 2016 году, объём рынка выпуска, услуг и реализации удаленно пилотируемых воздушных аппаратов (RPAS) к 2025 году вырастет до \$26 млрд, что на порядок больше показателей 2015 года (\$1 млрд).

К этому времени в мире будут использоваться порядка 600 тыс. RPAS-дронов. 39% таких устройств задействуются в сфере сельского хозяйства. Компании, выпускающие беспилотники, постепенно приходят и в сферу предоставления услуг.

Аналитики Gartner в феврале 2017 года опубликовали результаты исследования, согласно которым в 2017 году выпуск дронов вырастет до 3 млн. Для сравнения: в 2016 году было произведено 2,1 млн беспилотных аппаратов. В 2017 году выручка от поставок дронов вырастет до \$6 млрд, а уже к 2020 году – до \$11,2 млрд. Среднегодовые темпы прироста рынка (CAGR) в течение прогнозного периода ожидаются на уровне 34%.

Авторы исследования отметили, что доля дронов для промышленного мониторинга в течение этого периода останется самой большой – порядка 30%.

7% беспилотников придется на рынок сельского хозяйства. На коммерческую доставку, из-за высоких затрат производимых операций, придется лишь 1% дронов.

В конце декабря 2019 года прошли первые испытания беспилотного летательного аппарата, работающего не на литиевых батареях, а на водородном топливе. Разработчики считают, что за подобными дронами будущее авиаперевозок.

В конце сентября 2019 года исследователи из Университета Мичигана представили дрон для укладки кровли. Оснащенный гвоздевым пистолетом октокоптер способен легко фиксировать черепицу на макете крыши.

В середине сентября 2019 года прокуратура восточного округа штата Пенсильвания рассказала о том, как 43-летний мужчина использовал беспилотник DJI Phantom 3, чтобы сбросить самодельные бомбы на дом бывшей девушки. Произошел небольшой взрыв.

В конце августа 2019 года агентство Bloomberg опубликовало статью о падении интереса к дронам — бизнесмены и инвесторы разочаровались в этом сегменте рынка из-за низкого спроса, и компании начали закрываться одна за другой.

В 2018 году стали закрываться даже крупнейшие стартапы-производители, хотя в начале своего пути они получили сотни миллионов долларов в виде инвестиций. Причиной стало расхождение ожиданий с реальностью — несмотря на прогнозы о взрывном росте технологий, дроны так и не завоевали рынок. Десятки других стартапов были сметены волной консолидации.

Развитие индустрии БЛА встречает ряд ограничений и барьеров, как правовых, так и технических, которые существенно влияют на развитие рынка, как в отдельных странах, так и в мире в целом. Проблемами развития рынка БЛА являются:

Правовые барьеры

- Вмешательство дронов в частную жизнь и коммерческую тайну. Используя даже потребительский дрон, можно без труда залететь на частную территорию и производить фото- и видеосъемку, в том числе с использованием ночного видения, тепловизоров и других сенсоров, что может напрямую нарушать принципы невмешательства в частную жизнь и коммерческую тайну.

- Необходимость нахождения компромисса между потребностью частных потребителей, бизнеса и государства. Экспоненциальный рост проданных устройств и их нелегальной эксплуатации может создать угрозу функционирования общественных услуг и создать угрозу национальной безопасности.

- Дроны могут быть использованы не по назначению. С целью воровства, контрабанды, транспортировки запрещенных веществ. И зачастую определить, какую миссию выполняет находящийся даже поблизости дрон, не представляется возможным до момента ее совершения.

Преимущества беспилотных аппаратов

Чтобы оценить все преимущества БПЛА, нужно понять, где и как они могут использоваться. Сегодня около 90% российского рынка беспилотников задействованы в двух направлениях:

Картографирование.

Диагностическая съемка объектов, в частности, трубопроводов, ЛЭП, автомагистралей.

Активно используются беспилотные аппараты и в сельскохозяйственном секторе для сбора информации о площади посевов, агрографической съемки, а также химической обработки всходов.

Содержание и техническое обслуживание БПЛА обходится дешевле аналогичных расходов на пилотируемую авиацию. Ведь самолеты и вертолеты нуждаются в поддержании систем безопасности и защиты пилотов. Специалисты, управляющие и обслуживающие самолеты и вертолеты, должны проходить обучение, переобучение, врачебную комиссию. Временные и финансовые затраты на беспилотники несоизмеримо ниже.

Весомым преимуществом беспилотников является их проходимость и транспортная доступность – они долетят до тех земельных участков, куда добраться по суше или на самолете, проблематично. Например, до почти безлюдного острова Хачин на Селигере.

Скорость доставки грузов – еще один веский аргумент «за». Беспилотник долетает до отдаленного земельного участка за 30 минут, а вертолет – за 2 часа.

Для пилотируемых самолетов важно наличие огромной площадки для взлета и посадки, в то время как для приземления беспилотников достаточно полосы 500-600 метров, а миниатюрные дроны легко приземлятся даже на ступеньки возле порога.

БПЛА экономно расходуют топливо благодаря компактным габаритам, что также является преимуществом.

Приоритетные отрасли для внедрения решений на базе дронов

J'son & Partners Consulting выделяет в отчете 2016 года следующие сферы применения дронов:

- Сельское хозяйство;
- Экстренные службы (пожарные, полиция, скорая помощь);
- Энергетика и добыча полезных ископаемых;
- Строительство и девелопмент;
- Геодезия (картография);
- Страхование;
- Транспортировка и доставка;
- Государственные и муниципальные службы;
- СМИ и медиа;
- Природоохранные организации;
- Наука и образование;
- Связь;
- Фото и видеосъемка;
- Спорт и развлечения.



Источник: Ассоциация БПЛА

Рисунок 2. Сферы деятельности российских компаний, работающих на рынке БПЛА

Ключевые перспективы развития рынка дронов в России:

- применение полицией крупных городов;
- применение пожарными;
- применение в здравоохранении;
- применение в картографии;
- геоданные высокой четкости;
- срочная доставка покупок, еды, запасных частей, батарей, кабелей;

- курьерские услуги;
- аэросъемка для нужд агро-бизнеса и точного сельского хозяйства;
- мониторинг трубопроводов и ЛЭП;
- использование в качестве последней мили для улучшения покрытия сетей;
- выход на рынок БПЛА авиакомпаний;
- использование в СМИ;
- увеличение коммерческой активности в разработке программного обеспечения;
- увеличение продаж дронов с высококачественными камерами и системами стабилизации.

Вместе с тем, как и любая инновационная отрасль, рынок БПЛА сталкивается с трудностями, которые предстоит преодолеть. J'son & Partners Consulting выделяет следующие барьеры развития рынка БПЛА:

- Недостаточно ясное законодательство применительно к использованию потребительских и коммерческих дронов и запрет их свободного использования (лицензирование) в воздушном пространстве в России;
- Отсутствие в России современной производственной базы, ориентированной на массовый потребительский и массовый коммерческий рынок, что приводит к более высоким издержкам и повышению стоимости аппаратов;
- Беспилотные средства относятся к категории товаров, экспорт которой из России запрещен законом. Аналогичная ситуация есть и в некоторых других странах, где существуют таможенные ограничения на импорт или экспорт данных аппаратов.

Кроме того, существует опасность создания проблем для других участников воздушного движения, а также транспортных средств, инфраструктуры и людей на земле. Есть серьезные опасения по использованию дронов не по назначению для вмешательства в частную жизнь и коммерческую тайну, по возможности перехвата и получения контроля за дроном другими лицами. Для снижения рассмотренных рисков в ряде стран существует требование обязательного страхования коммерческих БПЛА. Все это сдерживает развитие и в результате частные венчурные инвестиции в проекты БПЛА пока явно недостаточны.

Беспилотники в археологии

Археологи уже давно прибегают к аэрофотосъемке, а также к снимкам со спутников и лазерным дальномерам LiDAR (сокр. Light Identification Detection and Ranging — обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света) при составлении топографических карт местности и определении мест для новых раскопок. Однако настоящим прорывом для археологии стало появление компактных и недорогих дронов.

Установленные на дронах камеры с тепловизорами способны обнаруживать объекты археологических изысканий на глубине до нескольких метров

Оснащенные тепловыми камерами, беспилотники помогают ученым находить останки поселений и зданий, скрытые от глаз под землей. Об опыте использования БПЛА американскими археологами Джесси Казана (Jesse Casana) и Чада Хилла (Chad Hill) в ноябре 2017 года узнало агентство ABC News.

Установленные на дронах камеры с тепловизорами способны обнаруживать объекты археологических изысканий на глубине до нескольких метров, поскольку температура кирпичной или каменной кладки, как правило, выше, чем у окружающей ее почвы. К тому же беспилотники существенно экономят время: обследование территории с их помощью занимает минуты вместо несколько месяцев, как при традиционных методах.

Археологи экспериментируют с технологией уже не первый год и использовали дронов в нескольких проектах. БПЛА помогли сделать ряд важных открытий в Азии, Америке и на Ближнем Востоке. Среди находок ученых — массивная каменная плита,

изготовленная руками человека, которую удалось обнаружить в древнем городе Петра в Иордании.

Беспилотники в энергоотрасле

Глобальный рынок решений для энергоотрасли с применением беспилотников осенью 2017 года оценен консалтинговой компанией PwC почти в 9 с половиной млрд долларов и имеет устойчивые перспективы роста.

Дроны формируют отдельный сегмент глобального энергетического рынка в связи с переходом мировой отрасли на энергоэффективные технологии. Увеличению этого сегмента способствует энергосберегающая политика по переходу к возобновляемым источникам энергии в Китае, Индии и прочих странах. В PwC отметили, что регуляторы ведущих энергетических государств взимают существенные штрафы с компаний за вынужденные отключения. А ежегодные потери отрасли, связанные с ремонтными работами и выплатами компенсаций, составляют около \$169 млрд. Эксперты отмечают, что использование энергетиками БПЛА позволяет минимизировать потери. В частности, беспилотники с встроенным огнеметом эффективно используют в устранении «засоров», отягощающих линии электроснабжения, они также помогают мониторить уровень растительности на участках энергосетей и проводить предварительные расчеты реализации инвестиций в новые электростанции.

В PwC подсчитали, что протяженность электросетей, окутывающих всю планету, в совокупности возрастет на 15% – до 6,8 млн км.

Инспекции АЭС

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) помогают сберечь деньги и делают безопаснее работу сотрудников, заявляет шотландская компания Dounreay Site Restoration Limited (DSRL), специализирующаяся на выводе АЭС из эксплуатации. В ноябре 2017 года DSRL сообщила, что сэкономит 100 тысяч футов-стерлингов (более \$130 тыс.) за счет использования дрона для высотной инспекции объектов АЭС.

Оснащенный камерами дрон способен подниматься на высоту до 120 метров, так что теперь сотрудники Dounreay могут проводить высотные инспекции с земли и не подвергать себя риску. Подробнее здесь.

Беспилотники и тушение пожаров

Сферы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) постоянно расширяются. В конце августа 2017 года агентство CNBC рассказало, как дроны помогают в тушении пожаров.



Рисунок 3. Пожарные тушат огонь при помощи квадрокоптера

Противопожарные службы в ряде американских городов отправляют дроны к месту возгорания, используя их в качестве разведчиков. Специализированные БПЛА, оснащенные газоанализаторами и камерами с тепловизорами, позволяют не только оценить масштабы бедствия, но и спасти жизни.

Важное преимущество беспилотников — возможность их быстрого применения

Фримонт — один из нескольких сотен американских городов, где беспилотники состоят на службе у пожарных. Согласно данным компании SkyFire Consulting, специализирующейся на обучении огнеборцев работе с дронами, в США от 300 до 400 отделений полиции и пожарных служб применяют БПЛА, и это число быстро увеличивается.

По словам главы SkyFire Consulting Мэтта Слоуна (Matt Sloane), раньше в поисково-спасательных работах во время пожаров приходилось задействовать сотни людей, а теперь летающий по воздуху дрон с тепловизором помогает очень быстро находить человека.

Также получаемое с помощью дронов ИК-изображение пожара позволяет понять, где пламя бушует сильнее всего, и на тушении каких участков нужно сосредоточить усилия. Кроме того, при ликвидации возгораний во время железнодорожных крушений специализированные дроны могут использоваться для выявления утечек химических веществ.

Еще одно преимущество БПЛА — экономичность. Беспилотник за пару тысяч долларов способен как минимум частично заменить вертолетную службу, привлечение которой обходится в миллионы. Особенно это актуально для таких небольших городов, как Фримонт, которые не могут позволить себе столь больших трат, отметил Джефф Клевен.

Беспилотники в операциях спасения и поиска пропавших людей

В течение пляжного сезона 2018 года за безопасностью на пляжах Москвы будут следить беспилотные летательные аппараты. В проекте планируется задействовать более 20 квадрокоптеров «нового поколения», сообщается на официальном сайте мэра Москвы.

С помощью дронов будет осуществляться патрулирование в общей сложности 11 пляжей. Это первый случай настолько масштабного использования дронов для наблюдения за водоемами в Москве, сообщает Главное управление МЧС России по Москве.

Квадрокоптеры будут летать над водой и транслировать видео со своих камер на планшеты дежурных спасателей. Видеонаблюдение даст спасателям возможность вовремя заметить утопающего или ребенка, оставшегося без присмотра взрослых, а также попытку развести огонь в не предназначенном для этого месте.

Как сообщает МЧС, тестирование беспилотников над акваторией Москвы-реки началось в 2017 г., и эксперимент оказался успешным. Помимо наблюдения за водоемами министерство использует дроны для наблюдения за лесами в течение лета, чтобы отследить случаи возгорания. Также беспилотники используются для розыска потерявшихся в лесу грибников и в других случаях.

В апреле 2017 года стало известно, что в Печатниках на базе технополиса «Москва» была создана технология беспилотного самолета-дрона для поиска потерявшихся людей. Полностью автономный дрон с дополнительной станцией для подзарядки был сконструирован учеными из «Коптер экспресс». Также свой вклад в разработку внесли члены поискового отряда «Лиза Алерт». Управление беспилотным самолетом производит аватар с земли.

Данная разработка позволит значительно увеличить покрываемую площадь поиска пропавшего человека или группы лиц. Ученые смогли преодолеть трудность, связанную с быстрым выходом из строя дронов и малой площадью покрытия поиска.

Китайская компания DJI, специализирующаяся на производстве гражданских беспилотников, опубликовала в марте 2017 года суммарный отчет о зарегистрированных случаях спасения людей с помощью мультикоптеров.

С распространением гражданских беспилотников многие организации начали их использовать для помощи людям в опасных ситуациях. Дроны могут с помощью обычных и инфракрасных камер искать потерявшихся людей в лесах или не эвакуировавшихся из города при потопе, беспилотники могут обследовать труднодоступные районы, а также способны переносить снаряжение для помощи пострадавшим по воздуху, когда другие пути доставки представляют угрозу для спасателей.

Несмотря на то, что новости о подобных происшествиях время от времени появляются в СМИ, они перемешиваются с сообщениями общего типа «в спасательной операции был задействован беспилотник», поэтому сложно оценить реальное количество людей, которым действительно помогли мультикоптеры в критической ситуации. Представители DJI собрали в один отчет публично доступную информацию о случаях, в которых четко было указано количество спасенных с помощью дрона людей, а также была очевидна опасность ситуации, в которой они оказались.

Всего в отчет попала информация о 18 разных ситуациях, в которых дроны спасли 59 человек, 38 из которых спасены за последние 10 месяцев, что приблизительно соответствует одному человеку в неделю. При этом треть (20 человек) спасены не поисково-спасательными организациями, а простыми людьми с помощью собственных мультикоптеров. 31 человек спасен при наводнении — дроны использовались для поиска людей и доставки снаряжения (спасательные жилеты, фалы, веревки), которое было критически важно в данной ситуации.

Отчет DJI не претендует на полноту описания — представители компании отмечают, что в таблицу попали только происшествия с конкретной информацией о том, что использование беспилотника оказалось ключевым фактором. Кроме того, в сообщении о происшествии должна была быть точная информация о количестве спасенных людей, которым действительно находились в ситуации, опасной для жизни. Так, например, в отчет из-за отсутствия точных данных не попала информация о наводнении, при котором было спасено до 200 человек по разным источникам.

Беспилотники и поиск полезных ископаемых

Ученые Иркутского национального исследовательского технического университета (ИрНИТУ) анонсировали в начале 2017 года инновационные методы поиска крупных алмазов без использования рентгена. На основе полученных технологий планируется создание специального квадрокоптера, который будет исследовать верхний слой месторождения и находить алмазы.

Руководитель проекта Александр Немаров сообщил, что дроны могут преодолевать большие расстояния и бесперебойно работать в течение долгого времени, и потому они идеально подходят для анализа месторождений. Помимо этого, в отличие от рентген-аппаратов, квадрокоптеры работают автономно, что исключает человеческий фактор, тем самым заметно снижая вероятность ошибки (не говоря уже о том, что рабочие алмазодобывающих компаний иногда утаивают найденные камни, на что робот просто не способен). При этом новый способ будет экологически безопасен, а себестоимость дронов при массовом производстве окажется на 30-50% ниже, чем у рентген-приборов.

Лекция №4. «ГИС-технологии в природопользовании» (2 часа)

Программные решения в области дистанционного зондирования Земли.

Обладание информацией, пусть сколь угодно обширной, еще не есть обладание знаниями. Для решения каждой конкретной задачи необходимы свои, зачастую весьма специфические, методы обработки и анализа. Учитывая объемы и специфику данных, получаемых с космических аппаратов, решение поставленных задач без применения современных компьютерных технологий невозможно.

В связи с этим на первый план выходит вопрос наличия промышленного математического программного обеспечения, удовлетворяющего заданным критериям. Термин «промышленное» (industrial) по отношению к программному обеспечению употреблен не случайно. Под этим подразумевается соответствие программного обеспечения весьма жестким требованиям, что отличает его от так называемых «исследовательских» программ.

Краткий список данных требований можно изложить следующим образом:

- Надежность и корректность. Вычисления, производимые над данными дистанционного зондирования, могут занимать значительный период времени и должны проводиться в автономном режиме.
- Возможность работы с большими объемами данных. Данные размером в сотни мегабайт должны обрабатываться в независимости от объема имеющейся физической памяти. Наличие пакетного режима обработки данных ускоряет вычисление повторяющихся операций.
- Быстродействие как следствие максимальной оптимизации алгоритмов и использования новейших технологических решений. Распараллеливание обработки и использование суперскалярных вычислений там, где это возможно.
- Переносимость на различные платформы. Не следует ограничивать сферу применения программного обеспечения определенным процессором и/или операционной системой.
- Функциональная гибкость. Разнообразие и специфика задач, решаемых с помощью анализа ДДЗ, требует максимальной параметризации вычислений.
- Конечный результат должен быть представлен в форме, максимально упрощающей дальнейший анализ и доступной для неспециалиста.

Данные дистанционного зондирования Земли, особенно высокодетальные, становятся все популярнее, расширяется спектр их пользователей, соответственно растет и востребованность программного обеспечения (ПО) для работы с ними.

Следствием несомненного успеха проекта Google Maps/Earth стал новый взгляд на данные ДЗЗ и область их применения. Растет популярность средств Web-публикации снимков и карт, и если раньше «трехмерка» была вотчиной профессионалов, то теперь она доступна практически всем.

Производительность современных компьютеров массового спроса стала настолько высокой, а стоимость хранения данных настолько низкой, что на обычном ноутбуке можно выполнить объемный фотограмметрический проект или сложную обработку гигабайтов данных. Не стоит на месте и наука, постоянно предлагая новые высокоэффективные алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования. Все эти факторы оказывают непосредственное влияние на развитие ПО для обработки данных ДЗЗ.

Что в работе с данными ДЗЗ осталось неизменным так это пошаговость обработки и ориентированность многих программных продуктов на выполнение конкретных этапов. Казалось бы, уже сделано все, что можно, в области географической привязки

изображений, визуализации, монтажа, классификации, разработчикам осталось только повышать удобство использования продуктов и устранять ошибки.

Значительным шагом вперед в деле извлечения полезной информации из данных ДЗЗ стали коммерциализация и распространение алгоритмов дешифрирования на основе объектно-ориентированного подхода и специальных фильтров.

В ближайшей перспективе тенденции развития ПО для работы с данными ДЗЗ сохранятся. Рост производительности компьютеров позволит и далее повышать автоматизацию рутинных операций обработки данных, а также реализовывать более совершенные алгоритмы, качественно улучшающие получаемые результаты.

Сохранится специализация ПО и разделение работы с данными ДЗЗ на этапы. Уже много лет муссируются слухи о грядущем слиянии средств обработки изображений и ГИС, тем не менее, до сих пор этого не произошло, по-прежнему сохраняется специализация отдельных приложений обработки данных ДЗЗ. Пока существует разделение труда между специалистами как средство повышения общей эффективности производственного процесса, комплексирование разнородных функций в ПО не имеет смысла.

Применение данных дистанционного зондирования при землепользовании и картографировании земельных ресурсов

Широкое применение данных космической съемки, которое началось с запуска спутника Landsat 1 в 1972 году, открыло новые перспективы для мониторинга состояния природных ресурсов и их использования. В результате развития методов дистанционного зондирования существенно упростился процесс картографирования земельных и водных ресурсов, почв, лесов, сельскохозяйственных посевов и городской инфраструктуры, оценки урожая и многое другое. Космические снимки используют для эффективного принятия решений с помощью географических информационных систем.

При этом для дешифрирования объектов применяют как визуальные, так и численные методы анализа снимков.

Сельское хозяйство

Типичные сельскохозяйственные культуры отличаются сильным поглощением в видимой части спектра (от 0,4 до 0,7 мкм), высокой отражательной способностью в ближнем инфракрасном диапазоне и характерными окнами поглощения на длинах волн 1,45, 1,95 и 2,6 мкм. Спектральные характеристики листового полога зависят от его структуры и других факторов - например, от листовой поверхности, плотности посевов, стадии роста, климатических условий и т. п. Важны также тип почвы и ее влажность.

Различные виды растительности отличаются строением, вегетационным периодом и другими характеристиками, которые по-разному проявляются на космических снимках. Некоторые из этих характеристик используются для оценки посевных площадей, прогноза урожая и определения состояния растительности. В частности, хорошим индикатором зрелости сельскохозяйственных культур является отношение спектральных яркостей в ближнем инфракрасном и красном диапазонах.

Почвы.

Одной из самых важных характеристик отражательной способности сухих почв является увеличение отражательной способности с увеличением длины волны, особенно в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра. Однако почва представляет собой сложную смесь минеральных и органических веществ, обладающих различными физическими и химическими свойствами, которые могут влиять на ее поглощательную и отражательную способность. Содержание влаги, количество органического вещества, окиси железа, содержание глины, пыли и песка, характеристики шероховатости поверхности - все это сильно влияет на спектральную отражательную способность почвы.

Оптические свойства почвы определяются в первую очередь ее минеральным составом, поскольку почва является результатом выветривания горных пород. Спектр отражения почвы является композицией спектров отражения ее минеральных

компонентов. Подобно минералам почвы характеризуются увеличением отражения от видимой к коротковолновой инфракрасной области с полосами поглощения 1.4 мкм и 1.9 мкм, связанными с влажностью почвы.

Другим фактором, определяющим спектральные свойства почвы, является ее влажность. Увеличение влажности одной и той же почвы ведет к появлению параллельных спектров отражения. Это значит, что влажность почвы влияет на весь спектр в целом и отношение между спектральными каналами, например красным и инфракрасным, не зависит от влажности почвы. Таким образом, можно представить прямую линию, связывающую отражение в красной и инфракрасной области спектра.

Так называемая почвенная линия является характеристикой типа почвы и служит для определения некоторых индексов растительности, которые позволяют отделить спектральные свойства верхнего полога растительности от свойств почвы. Почвенная линия вычисляется методом наименьших квадратов и представляется в виде:

$$\text{Nirsoil} = a \cdot \text{redsoil} + b,$$

где red_{soil} - отражение почвы в красной области, nir_{soil} - отражение почвы в ближней инфракрасной области, a b - параметры, оценивающиеся методом наименьших квадратов.

Другие каналы в видимой части спектра (синий, зеленый) могут быть использованы вместо красного.

Третьим фактором, определяющим спектральные свойства почв, является содержание органического вещества, которое оказывает слабый эффект в области около 1.8 мкм. Этот фактор влияет опосредованно через структуру почвы и способность сохранять влагу. Последний фактор, влияющий на спектральные свойства почвы, это шероховатость, связанная с ее структурой.

Экспериментальные данные показывают, что альbedo почвы возрастает с уменьшением частиц почвы данного типа. Действительно, крупные частицы почвы дают шероховатую поверхность, которая улавливает свет. Это изменение в распределении света и тени вызывает вариации отражательных свойств почвы, что наиболее характерно для отражения в дальней инфракрасной и микроволновой области спектра.

Оптические свойства зеленых листьев одинаковы для всех типов растительности. Здоровый зеленый лист имеет типичные свойства отражения, которые отличаются в функциях трех спектральных областей (Рисунок 6).

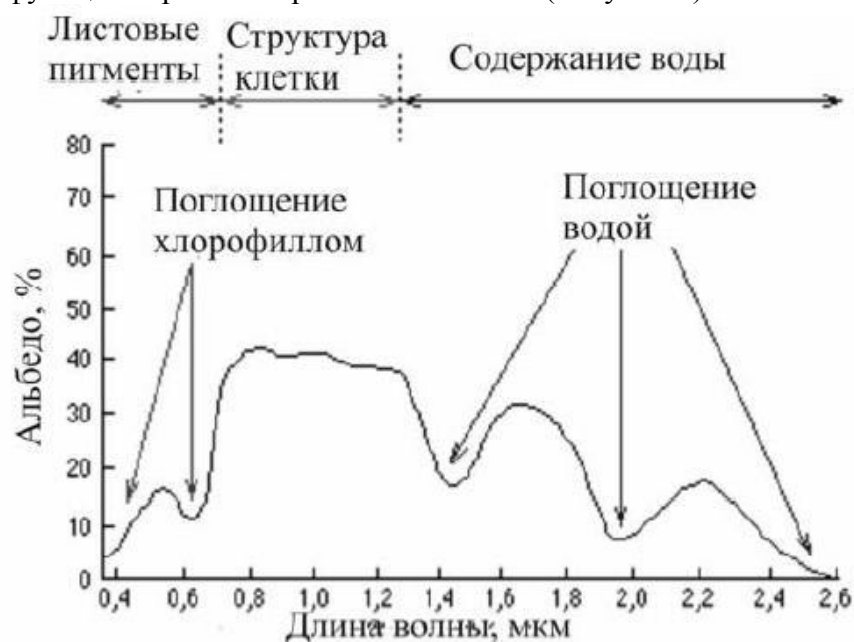


Рисунок 1. Свойства отражения зеленых листьев в трех спектральных областях

В видимой части спектра (400-700 нм) поглощение света пигментами листа преобладает над отражением и ведет к общему низкому отражению (15% максимум).

Имеются две основные полосы поглощения: синяя (450 нм) и красная (670 нм), вследствие поглощения двух основных листовых пигментов: хлорофилла А и В, которые составляют около 65% листовых пигментов высших растений. Эти сильные полосы поглощения определяют пик отражения в желто-зеленой полосе (550 нм). По этой причине хлорофилл называют зеленым пигментом. Другие пигменты также имеют большое значение для видимого спектра листа. Например, пигмент каротин от желтого до оранжево-красного цвета имеет сильную полосу поглощения в области 350-500 нм и отвечает за расцветку некоторых цветов и фруктов, а также цвет листьев без хлорофилла осенью. В ближней ИК области (700-1300 нм) оптические свойства листа объясняются его структурой. Листовые пигменты и целлюлоза прозрачны для волн ближнего инфракрасного диапазона, и поэтому поглощение их листом очень мало (10% максимум), а отражение и пропускание высоки и могут достигать величины 50%. В этой области спектра имеется характерное плато в спектре листа. Уровень (высота) этого плато определяется внутренней структурой листа, а также величиной промежутков мезофилла, что определяет поверхности с различными коэффициентами преломления (клетки воды и воздуха). Отражательная способность (альbedo) листа увеличивается для более разнородных форм клеток и их структуры, а также с увеличением количества слоев клеток, размера пространства между клетками и размером клетки. Альbedo таким образом зависит от относительной толщины мезофилла. Ближний инфракрасный диапазон имеет два основных интервала: (1) между 700 и 1100 нм, где отражательная способность высока, исключая две полосы поглощения воды (960 и 1100 нм), и (2) между 1100 и 1300 нм, которая соответствует переходу между высокой отражательной способностью в ближней ИК области и зонами поглощения, связанными с водой в коротковолновой части ИК диапазона. Последний оптический отрезок - это коротковолновой ИК диапазон (1300 -2500 нм), характеризующийся слабой поглощаемостью водой в листе. Поскольку молекулы воды поглощают радиацию строго в 1450, 1950 и 2500 нм, эти длины волн не могут использоваться для измерения отражательной способности. На других длинах волн коротковолнового ИК диапазона коэффициент отражения увеличивается с уменьшением количества жидкости внутри листа. Во всех трех основных спектральных диапазонах факторами, определяющими оптические свойства листа, являются: внутренняя и внешняя структура, возраст, содержание воды, минералов и состояние.

Для минимизации влияния на радиометрические свойства полога растительности таких факторов, как оптические свойства почвы, освещение, геометрия наблюдения или измерения, а также метеорологических факторов (ветер, облака), отражательные способности в отдельных областях, характеризующиеся коэффициентами отражения, комбинируются в **вегетационные индексы**. Идеальный вегетационный индекс должен быть чувствителен только к пологу растительности (зеленая часть), и не чувствителен к почве. Кроме того, он должен быть менее чувствителен к влиянию атмосферы, хотя значения отражательной способности должны пройти в идеальном случае операцию геометрической и атмосферной коррекции до вычисления вегетационного индекса. Известны по крайней мере пятьдесят различных вегетационных индексов. Наиболее часто используются индексы, представляющие собой отношение коэффициентов отражения в отдельных зонах спектра или их линейных комбинаций. Деление позволяет устранить искажения, вызванные в каждом канале одними и теми же причинами. Вегетационные индексы на основе отношения могут быть вычислены не по значениям коэффициентов отражения или альbedo, а по значениям яркости, если яркость измерена при тех же условиях освещенности (то есть без перехода к физическим величинам спектральной плотности энергетической яркости). Большинство вегетационных индексов, основанных на отношении, используют красный канал, который связан с поглощением света хлорофиллом, и ближний инфракрасный канал, который связан с плотностью зеленой растительности, потому что два эти канала содержат более 90% информации о

растительном пологе. В красном и ближнем ИК каналах различия между растительностью и почвой максимальны.

Первый вегетационный индекс является отношением яркостей, который вычисляется по формуле (Pearson and Miller, 1972):

$$RVI = \frac{nir}{red}$$

где nir - отражение в ближней ИК зоне, red - отражение в красной зоне.

Вегетационный индекс нормированной разности (NDVI) вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{nir - red}{nir + red}$$

где nir - отражение в ближней ИК зоне, red - отражение в красной зоне NDVI имеет следующие интервалы значений: растительность: $0 < NDVI \leq 1$; почва: $0 \leq NDVI \leq 1$; вода: $-1 \leq NDVI \leq 1$.

Оценка площадей, занятых сельскохозяйственными культурами

Определение областей, занятых различными сельскохозяйственными культурами основывается на количественном анализе мельчайших различий в их спектральных характеристиках. Как правило, для такого анализа используют численные методы, а оценку площади посевов или насаждений проводят в несколько этапов. Сначала, используя данные полевых наблюдений, на снимке выделяют области, занятые известными сельскохозяйственными культурами. Затем для каждой области определяют ее спектральный эталон и проводят классификацию снимка на основе обучающих выборок.

При анализе данных на окружном уровне предварительно цифруют границу округа, а затем выделяют на снимках те пиксели, которые принадлежат выделенной области. Далее проводят контролируемую классификацию объектов с использованием критерия максимального правдоподобия. Описанная процедура успешно применялась для оценки площадей, занятых пшеницей, рисом, сорго, масличными культурами и хлопком в различных округах Индии. Аналогичная методика использовалась и для индийской шелковицы.

При исследовании большей территории (например, региона) необходимо обрабатывать существенно больший объем данных и проводить гораздо больше полевых исследований. В этом случае становится довольно сложно проанализировать весь объем информации за то короткое время, которое отводится для получения оценок в предуборочный период. Для решения этой проблемы используются различные выборочные методы (Рисунок 19). Суть этих методов заключается в том, что вся изучаемая территория разделяется в зависимости от агротехнических и агроклиматических условий на однородные области, каждая из которых делится, в свою очередь, на участки размером 10 x 10 км. Для сильно неоднородных областей используют более мелкое разделение на участки размером 7,5 x 7,5 или 5 x 5 км. Необходимость дальнейшего разделения зависит от того, какую площадь на данном участке занимают сельскохозяйственные культуры: больше или меньше 50%. В результате описанной процедуры удастся существенно уменьшить объем обрабатываемых данных. Как правило, для анализа используется не более 10% выделенных участков. Следует также отметить, что для разделения второго уровня иногда используют сезонную информацию, которую получают с помощью визуального дешифрирования или путем обработки цифровых данных, являющихся результатом деления интенсивностей сигналов в красном и

инфракрасном диапазоне спектра. На завершающем этапе результаты анализа для различных участков объединяют с помощью специальных статистических алгоритмов.

Исследование роста городов

Развитие мегаполисов и миграция населения из сельской местности в города — это общемировая тенденция. Бессистемное расширение городских территорий является серьезной проблемой, требующей адекватного решения. Благодаря периодичности и обзорности съемки, а также надежности данных дистанционного зондирования этот метод открыл новые возможности для картографирования городских территорий и изучения развития городской инфраструктуры. Схема анализа развития городской территории представлена на рисунке 7.

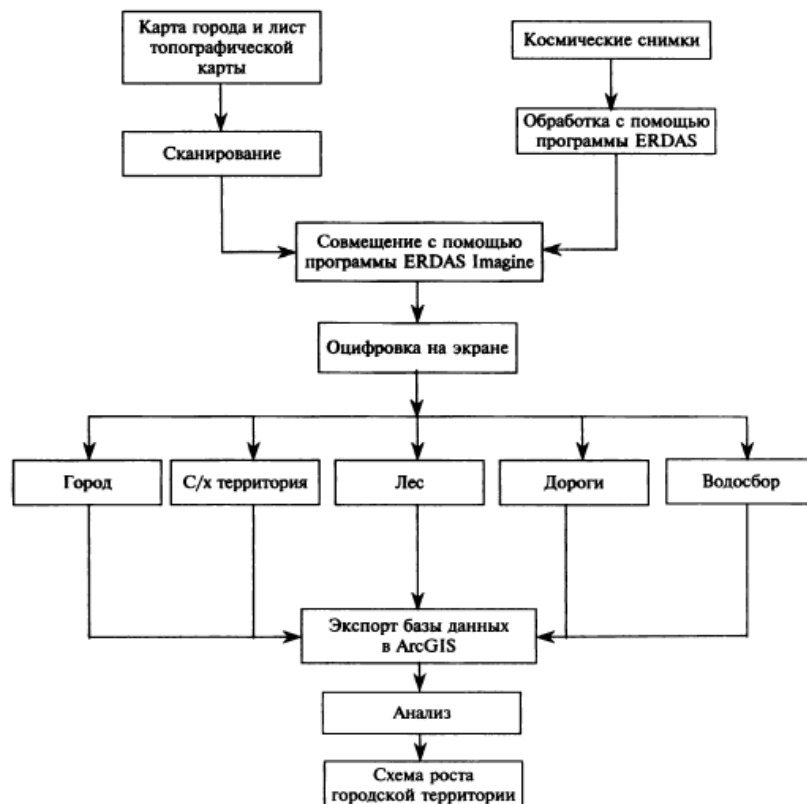


Рисунок 2. Схема анализа развития городской территории

Региональное планирование

Региональный план развития территории необходимо составлять с учетом всего комплекса проблем, характерных для ее природных ресурсов, рельефа, структуры сельского хозяйства, экологического состояния, климатических и социально-экономических условий.

Такой план должен не только соответствовать нуждам и ожиданиям местных жителей, но и являться составной частью многоуровневой национальной системы планирования, то есть отвечать общим целям развития экономики, роста производительности труда, поддержания экологического баланса, повышения занятости населения и его уровня жизни.

В этом контексте очень важной задачей является оценка природных ресурсов, и как показала практика использования методов дистанционного зондирования в последние три десятилетия, их можно с успехом применять для решения этой задачи.

Учеными Департамента космических программ Индии была разработана специальная методика использования спутниковых данных IRS-1A и географических информационных систем в интересах регионального планирования. Методика основана на рекомендациях рабочих групп индийской Комиссии по планированию и обеспечивает

интеграцию ресурсных данных из разных источников с социально-экономическими и демографическими данными, собранными Национальным информационным центром.

Одним из наиболее важных предварительных условий, необходимых для осуществления планирования, является наличие подробных баз данных, содержащих информацию о природных ресурсах, социально-экономических условиях, демографической структуре населения и современных технологиях.

Дешифрирование космических снимков IRS-1A специалистами в соответствующих тематических областях обеспечивает возможность быстрой оценки использования земель, а также картографирования почв, геологических и геоморфологических структур, грунтовых вод и растительного покрова.

Информация о рельефе местности (данные о наклонах, высотах, параметрах водосбора и водоразделах) извлекалась из топографических карт, а данные об атмосферных осадках и других климатических параметрах — из записей метеорологических станций. Источниками социально-экономических и демографических данных служили результаты переписи населения, кадастровые записи, экономические отчеты и базы данных Национального информационного центра.

Анализ данных и их интеграция проводились в два этапа. Основное назначение первого этапа состояло в инвентаризации природных ресурсов и исследовании возможностей их использования для различных видов деятельности. Целью второго этапа было определение отстающих в социальном или экономическом развитии регионов, в которых население испытывает недостаток элементарных бытовых удобств.

Затем с помощью ГИС были выделены составные участки территории (Composite Land Development Unit, CLDU), которые анализировались с точки зрения имеющихся ресурсов. При этом рассматривались различные схемы развития и варианты использования земли, а основное внимание уделялось не предыстории, а наличию современных технологий. Предполагается, что в дальнейшем все рассмотренные схемы будут использованы при выборе оптимального варианта регионального плана развития.

Предупреждение и борьба с последствиями чрезвычайных происшествий

Термин «природная катастрофа» означает аномальное состояние окружающей среды, отрицательное влияние которого на людей, животных и растительность превосходит некоторый критический уровень. Несмотря на общий характер этого определения, в каждом отдельном случае критический уровень может зависеть от множества факторов, в том числе экономических и психологических. Примерами природных катастроф, которые в некоторых местах Земли происходят достаточно регулярно, являются землетрясения, наводнения, циклоны, лавины, оползни, цунами, засухи и лесные пожары. Некоторые природные катастрофы — например, землетрясения, оползни и цунами - связаны с определенными геологическими структурами. Данные дистанционного зондирования, благодаря охвату и периодичности спутниковой съемки, позволяют оперативно оценивать обстановку и служат основой для своевременного прогноза многих природных катастроф. При разработке превентивных мер эти данные используются для решения следующих задач:

1. Определение и картографирование наиболее опасных мест.
2. Прогноз вероятности возникновения природных катастроф.
3. Мониторинг явлений для определения начала и возможных вариантов

развития катастрофических процессов.

Космические снимки используют для получения информации о размерах пострадавшей территории, уровне нанесенного ущерба и нуждах местного населения. Поскольку в период таких событий время становится жизненно важным фактором, данные должны передаваться практически без задержки. Во время наводнений и засух можно использовать снимки, которые обладают невысоким пространственным, но высоким временным разрешением. Данные с геостационарных спутников, которые передаются на Землю каждые полчаса, используют для мониторинга таких

непродолжительных природных катастроф, как циклоны и торнадо. В общем случае, для борьбы с природными катастрофами полезно использовать комбинацию различных наборов данных, каждый из которых характеризуется высокой пространственной, временной или спектральной разрешающей способностью.

Например, цунами представляет собой волны, вызванные внезапным смещением морского дна в результате землетрясения, извержения подводного вулкана, медленной подвижки земной коры или падения астероида. Волны цунами распространяются с огромной скоростью, достигающей иногда 800 км/ч.

Амплитуда этих волн в открытом океане невелика, но на мелководье происходит их торможение, и они вздымаются вверх на очень большую высоту.

Иногда перед приходом цунами можно наблюдать отступление воды вдоль всего морского побережья. Спустя секунды возникает гигантская волна, которая с огромной силой обрушивается на берег. Опасен не только сам этот удар, но и обратные потоки воды, с большой скоростью стекающие обратно в море.

Далее представлена сводная таблица (Таблица 2), отражающая возможности применения данных дистанционного зондирования в различных областях.

Таблица 1. Области применения данных ДЗЗ

Агрокультура, лесное хозяйство	Геология	Водные ресурсы	Океанография и морские ресурсы	Окружающая среда
Выделение вегетативных зон: посевные площади, пастбища, лесные участки	Поиск полезных ископаемых, включая нефть и газ	Определение границ и объемов поверхностных вод	Мониторинг органических морских ресурсов	Мониторинг горнодобывающей деятельности и утилизации отходов
Определение видов посевных площадей	Составление и обновление геологических карт	Определение зон наводнений и паводков	Анализ загрязнения и циркуляции вод	Картографирование и мониторинг загрязнения вод
Определение видов и объемов лесных участков	Описание региональных структур	Определение границ снежного покрова	Мониторинг береговой линии	Мониторинг загрязнения воздушной среды
Определение качества посевов и биомассы	Схемы линеаментов	Исследование ледниковой активности	Картографирование мелей и опасных участков	Анализ последствий природных катастроф
Определение областей угнетения растительности	Исследование вулканической деятельности	Анализ загрязнения водных ресурсов	Оперативное картографирование ледяного покрова (айсбергов)	Мониторинг воздействия человеческой деятельности на окружающую среду
Определение состояния почв	Поиск признаков минерализации	Мелиорация	Исследование морских волн и приливов	
Мониторинг степных и лесных пожаров				

Лекция №5. «Роль биологического мониторинга в оценке качества окружающей среды» (2 часа)

Мониторинг окружающей среды - это система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному использованию природных ресурсов и предупреждения о критических ситуациях, вредных для существования живых организмов.

Мониторинг окружающей среды решает 3 задачи:

1. наблюдение за состоянием окружающей среды;
2. оценка состояния окружающей среды;
3. прогноз состояния окружающей среды.

Система контроля над состоянием окружающей среды сформировалась во второй половине XX века. На интернациональном уровне вопрос о создании международной системы наблюдения был рассмотрен в 1971 году, когда был создан Международным комитет по вопросам окружающей среды.

Биологический мониторинг является составной частью мониторинга состояния и изменений окружающей среды.

Биологический мониторинг (по Н.Ф. Реймерсу) – слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т.д.); мониторинг с помощью биоиндикаторов (обычно на базе биосферных заповедников).

Биологический мониторинг (по В.С. Николаевскому) – определение состояния живых систем на всех уровнях организации и отклика их на загрязнение среды. То есть это система наблюдений, оценки и прогноза изменений под влиянием антропогенных воздействий.

Методы биомониторинга подразделяются на: биотестирование (эксперимент) с использованием тест-объектов и биондикацию (наблюдение) с использованием биондикатора. Далее рассмотрим их более подробно.

Биотестирование – то есть проведение экспериментов по воздействию искусственно изменяемых или создаваемых факторов среды на организмы в лабораторных условиях.

Биоиндикация – это обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок, на основе реакций на них живых организмов и их сообществ.

Основой биологического мониторинга является биоиндикация, биотестирование решает вспомогательные задачи, например, вопросы нормирования вредных воздействий.

Основной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. Организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и могут применяться для их оценки, называются организмами-индикаторами или биоиндикаторами.

Организм-индикатор (indication organism) – это организм с узкими пределами экологической приспособленности (стебионт), своим поведением, изменением физиологических реакций или самой возможностью существования, указывающий на изменение в среде или на определённые естественные или антропогенные характеристики.

Биоиндикаторы принято классифицировать на следующие группы.

прямой косвенный

специфический	неспецифический
положительный	отрицательный
чувствительный	аккумулятивный

Критерии биоиндикатора, адекватно отражающего качество среды:

- доступность (размер, образ жизни, время жизни)
- распространенность
- роль в системе
- чувствительность – степень реакции биоиндикатора на оказываемое на него

воздействие со стороны отдельно взятого фактора или окружающей среды в целом.

Существуют следующие формы биондикации: специфическая (есть причина, есть следствие) и неспецифическая (есть следствие, но нет причины). В специфической биондикации по следствию видна причина, а при неспецифической причину определить нельзя. Также биоиндикация бывает количественная и качественная, в первом случае меняются количественные характеристики, а во втором – качественные.

Как уже было сказано ранее, основной причиной проведения экологического и, в том числе, биологического мониторинга, является необходимость определения степени антропогенного воздействия на биосистемы различных уровней. Антропогенные факторы вызваны действием человека и изначально отсутствуют в естественной среде. Природно-антропогенные факторы изначально присутствуют в естественной среде, человек лишь изменяет их количественные характеристики (обычно в сторону увеличения). Естественные факторы – те, которые не зависят от деятельности человека. Очевидно, что и естественные факторы среды можно интерпретировать методами биомониторинга, но основной его задачей является прогноз и оценка степени воздействия первых двух групп факторов.

Методы оценки состояния экосистем в зоне антропогенного воздействия могут реализоваться следующими основными способами:

- использованием только абиотических параметров;
- использованием только биотических параметров (биоиндикация);
- использованием абиотических и биотических параметров.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и ограничения.

Оценка состояния и антропогенных изменений экосистем по абиотическим параметрам

Этот подход к оценке многокомпонентной нагрузки на окружающую среду является наиболее традиционным и широко распространенным. Значения конкретных абиотических факторов выражаются количественно, и их легко можно сравнить с установленными нормативными (предельно допустимыми) значениями.

До сих пор узаконенной основой оценки и нормирования воздействий на окружающую природную среду является система ПДК, обоснованно критикуемая большинством экологов. ПДК, как норматив степени воздействия на биологические объекты имеет ряд недостатков.

– *Игнорирование косвенных последствий воздействия на экосистемы и человека.* Прежде всего, принятая система нормирования загрязнения природной среды предназначена, преимущественно, для защиты человека, причем только от непосредственных токсических воздействий. Возможные изменения биоты, неизбежно ведущие к ухудшению качества абиотической среды, практически не учитываются. Однако многие биологические виды гораздо чувствительнее к различным воздействиям, чем человек. Существенные изменения состава и количественных характеристик биоты начинаются при сравнительно небольшом загрязнении природной среды, вполне допустимом санитарно-гигиеническими нормативами. Такие изменения биоты уже нарушают её средорегулирующую функцию, что постепенно приводит к значительным, часто – катастрофическим для человека вторичным изменениям абиотической среды.

Даже рыбохозяйственные ПДК, по своему названию предназначенные для защиты ихтиофауны, страдают этим недостатком. Они устанавливаются в результате изучения прямого токсического действия веществ на гидробионтов. При этом игнорируются возможные косвенные последствия действия вещества. Например, ПДК фосфора для водоемов рыбохозяйственного использования составляет 0,2 мг/л. Действительно, в такой концентрации фосфор не токсичен ни для гидробионтов, ни для человека. Но для инициации эвтрофирования некоторых водоемов в ряде случаев достаточно и гораздо меньшей исходной концентрации фосфора – около 0,01–0,05 мг/л. По мере развития эвтрофирования качество воды закономерно ухудшается, а водная экосистема деградирует.

– **Ненадежность оценки состояния природных экосистем по результатам лабораторных экспериментов.** Нормативы загрязнения природных сред устанавливаются в лабораторных условиях. При этом эксперименты проводятся на организмах (тест-объектах) всего лишь нескольких видов, и для каждого из них учитывается сравнительно небольшое количество показателей (тест-характеристик). Далеко не все стандартные тест-объекты высоко чувствительны к воздействиям, иначе их было бы слишком затруднительно культивировать в искусственных условиях. Кроме того, учитываемые обычно тест-характеристики не всегда показательны при изучении специфических воздействий. Соответственно, ранние патологические изменения опытных организмов часто остаются неучтенными. Все это часто приводит к существенному завышению значений ПДК, получаемых в экспериментах.

Проведение хронических экспериментов по установлению ПДК весьма трудоемко, что ограничивает их продолжительность. Особенно затруднено выявление наследуемых патологических изменений, требующее наиболее длительных наблюдений.

– **Субъективность результатов нормирования.** Результаты установления ПДК во многом зависят от особенностей примененной для этого методики. В токсикологии известно множество примеров, когда совершенствование методов исследования выявляло скрытые ранее биологические эффекты изучаемого вещества и вынуждало существенно уменьшить принятый для него ранее норматив. Например, ПДК бензола в воздухе производственных помещений в СССР пересматривалась в XX веке четырежды и в итоге была снижена в 40 раз (с 200 до 5 мг/м³). Практика показывает также, что из конъюнктурных соображений действующая ПДК поллютанта может быть и произвольно увеличена. Например, в 1990 г. ПДК для диоксинов в воде водоемов хозяйственно-питьевого использования в СССР была необоснованно повышена с 0,073 до 20 пг/л, т.е. на два порядка. Существенно различаются и нормативы содержания в воде вредных веществ, принятые в разных странах. Так, указанный отечественный норматив содержания диоксинов в питьевой воде на целых четыре порядка превышает американский и немецкий (0,013 и 0,01 пг/л, соответственно). В то же время для некоторых поллютантов российские ПДК существенно (на один–два порядка) ниже зарубежных.

– **Недоучет особенностей конкретных экосистем.** Это, пожалуй, основной и практически неустраняемый недостаток всех систем оценки качества среды, базирующихся на абиотических показателях. Биосистемы отличаются от неживых объектов практически бесконечным многообразием, сложностью структуры и функционирования. Наглядным примером могут служить основные законы общей экологии, формулировки которых сравнительно размыты и как бы предполагают возможность исключений. Значения ПДК для подавляющего большинства веществ устанавливаются как величина абсолютная, не учитывающая их фоновое содержание и естественной динамики в экосистемах. Так, естественное содержание некоторых металлов в воде различных водоемов варьирует на 3–4 порядка. Значительную роль играет и так называемая "экологическая ёмкость" конкретной экосистемы, интенсивность ассимиляции ею данного поллютанта. Способность различных экосистем к самоочищению широко варьирует в зависимости от очень многих обстоятельств. Биологическое действие поллютантов определяется также

особенностями их поступления, спецификой миграции, распределения, аккумуляции и трансформации загрязняющих веществ в различных средах, наличием в экосистеме их природных аналогов и другими факторами, не учитываемыми при принятой системе санитарно-гигиенического нормирования.

– **Несоответствие количества нормируемых антропогенных факторов их реальному многообразию.** Современные антропогенные воздействия характеризуются исключительным разнообразием факторов различной природы (химической, физической, биологической). Однако санитарно-гигиеническое нормирование ориентировано, в основном, на регламентацию содержания в средах различных химических веществ. При этом ПДК или ОБУВ установлены лишь для малой части поллютантов. Например, количество наименований веществ, поступающих в водоемы, в настоящее время исчисляется миллионами [2, 3]. Количество веществ, на которые установлены ПДК или ОБУВ для водоемов различного типа хозяйственного использования, меньше на три порядка. Более того, темпы синтеза и поступления в окружающую среду новых химических соединений намного опережают темпы их санитарно-гигиенического нормирования.

Таким образом, оценка состояния среды по одним лишь абиотическим показателям (тем более – на основе действующих санитарно-гигиенических нормативов) связана с высокой вероятностью недоучета некоторых важных факторов, лимитирующих биоту.

Биоиндикация состояния и изменений экосистем

Методы биоиндикации в настоящее время завоевывают всё более широкое признание, что обусловлено двумя основными причинами.

1) Повышенный интерес к биоиндикации определяется явной несостоятельностью стратегии защиты окружающей среды путем нормирования и регуляции одних лишь ее абиотических параметров. Биота является единственным надежным средством стабильного сохранения высокого качества абиотической среды. Уже общепризнано, что на смену не оправдавшего себя санитарно-гигиенического нормирования состояния окружающей среды должно прийти её экологическое нормирование, направленное на сохранение исходного состояния естественной биоты.

2) Биотические характеристики имеют перед абиотическими ряд важных практических преимуществ для оценки состояния окружающей природной среды и ее антропогенных изменений. Основное достоинство заключается в их высокой надежности и объективности. Состояние биоты определяется общим состоянием абиотической среды и четко реагирует на негативные воздействия любого происхождения, независимо от полноты их учета и степени изученности.

К другим преимуществам можно отнести следующее:

- В условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы.

- Биоиндикаторы указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека.

- Тест-объекты позволяют судить о степени вредности синтезированных человеком веществ для природы и человека и позволяют контролировать действие этих веществ.

- Простейшие методы биоиндикации более дешевы и доступны, чем аналитический контроль многочисленных абиотических параметров среды.

В то же время, возможности биоиндикации имеют и существенные ограничения:

1) Наиболее надежные биоиндикационные методы основаны на подробном изучении видового состава биоты, что требует от исследователей не только больших трудозатрат, но и весьма высокой квалификации. Более простые методы, не связанные с

видовой диагностикой и доступные широкому кругу экологов, часто не обеспечивают необходимой точности результатов.

2) Кроме того, биоиндикация обычно характеризует общий уровень антропогенных изменений экосистемы, но не выявляет их причин. Таким образом, остается невыясненным главное: какие именно из множества сложно взаимодействующих антропогенных факторов в наибольшей степени лимитируют биоту, и насколько следует изменить значения каждого из них, чтобы добиться в итоге необходимого снижения результирующего воздействия на экосистему.

3) Наконец, эффективность биоиндикации во многом определяется правильным выбором индикаторного объекта и его учитываемых характеристик. Этот выбор не может быть универсально регламентирован и требует творческого подхода, поскольку во многом зависит от цели исследования и от особенностей конкретной экосистемы и характера изучаемого воздействия. В случае неверного методического решения результаты исследования могут оказаться более или менее субъективными.

В качестве объекта для сравнения при биоиндикации обычно выступают аналогичные биосистемы, находящиеся в фоновых условиях. По смыслу, это аналог ПДУВ в способах оценки состояния среды, базирующихся на исследовании её абиотических параметров.

Далее будем называть условия изучаемого воздействия «импактными», условия, применяемые для сравнения – «фоновыми».

Фоновые условия характеризуются следующими признаками:

1) фоновый биотоп должен полностью соответствовать по своим естественным характеристикам биотопу, находящемуся в импактных условиях;

2) здесь не должен действовать ни один из антропогенных факторов, создающих конкретное изучаемое воздействие;

3) значения всех антропогенных факторов, действующих в импактных условиях, но не относящихся к изучаемому воздействию, должны иметь здесь те же значения, что и в импактных условиях;

4) здесь не должен действовать ни один дополнительный антропогенный фактор, отсутствующий в импактных условиях.

Если все данные критерии выбора фоновых условий соблюдены, то любые наблюдаемые различия значений характеристик макрозообентоценоза в фоновых и в импактных условиях могут и должны расцениваться только как последствия конкретного изучаемого воздействия.

Оценка состояния и антропогенных изменений экосистем с использованием абиотических, и биотических параметров

Сочетание методов биоиндикации с определением абиотических параметров среды позволяет использовать преимущества обоих подходов и, в значительной мере, преодолеть недостатки каждого из них. Результаты биоиндикации дают возможность оценить состояние экосистемы и уровень общей антропогенной нагрузки на биоту, а характеристики абиотической среды используются для выявления и количественного анализа основных составляющих воздействия.

Существуют две принципиально разные методологии экологической диагностики водных объектов с совместным применением абиотических, и биотических показателей:

1) раздельное использование абиотических и биотических параметров и последующее сравнение результатов;

2) использование зависимости биотических параметров от абиотических.

Раздельное использование абиотических и биотических параметров и последующее сравнение результатов

Оценка качества водной среды и состояния гидрэкосистем независимо осуществляется двумя путями: только по абиотическим показателям и только по результатам биоиндикации. Затем получаемые результаты сопоставляются и обобщаются.

Сравнение результатов анализа абиотической среды и биоиндикации может проводиться по разным принципам.

Использование зависимости биотических параметров от абиотических

Описание зависимости характеристик биоты от условий окружающей её среды существенно увеличивает эффективность экологической диагностики. Становится возможным: количественно изучать, оценивать и нормировать многофакторные антропогенные воздействия на экосистему; выявлять их важнейшие закономерности; обоснованно выбирать оптимальные меры по регуляции качества среды и прогнозировать результаты, ожидаемые от их реализации.

Кроме того, появляется возможность проверить результаты проведённой оценки антропогенного лимитирования биоты. Критерием является точность выполненной аппроксимации зависимости биоиндикационных показателей от совокупности антропогенных факторов (например, выраженная долей объяснённой дисперсии значения зависимой переменной). Если эту зависимость удалось достаточно хорошо аппроксимировать, следовательно:

– основные факторы, лимитирующие биоту и формирующие качество среды, выделены правильно, и значения их оценены верно;

– учтённые биотические характеристики закономерно реагируют на изменения окружающей среды, т.е. действительно имеют биоиндикационное значение, и значения их определены с достаточной точностью;

– зависимость биотических показателей от абиотических также формализована корректно.

Лекция №6. «Основы методов рентгеновской дифракции» (2 часа)

Рентгеноструктурный анализ Рентгеновский структурный анализ – это методы исследования структуры вещества по распределению в пространстве и интенсивностям рассеянного на анализируемом объекте рентгеновского излучения. (Рентгеновские лучи - электромагнитное ионизирующее излучение, занимающее спектральную область между гамма и ультрафиолетовым излучением в пределах длин волн от 10-12 до 10-5 см). Рентгеноструктурный анализ наряду с нейтронографией и электронографией является дифракционным структурным методом. В его основе лежит взаимодействие рентгеновского излучения с электронами вещества, в результате которого возникает дифракция рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей - рассеяние рентгеновских лучей кристаллами (или молекулами жидкостей и газов), при котором из начального пучка лучей возникают вторичные отклонённые пучки той же длины волны, появившиеся в результате взаимодействия первичных рентгеновских лучей с электронами вещества; направление и интенсивность вторичных пучков зависят от строения рассеивающего объекта. Дифракционная картина зависит от длины волны используемых рентгеновских лучей и строения объекта. Для исследования атомной структуры применяют излучение с длиной волны ~ 1 , т. е. порядка размеров атомов. Методами рентгеноструктурного анализа изучают металлы, сплавы, минералы, неорганические и органические соединения, полимеры, аморфные материалы, жидкости и газы, молекулы белков, нуклеиновых кислот и т.д. Наиболее успешно этот метод применяют для установления атомной структуры кристаллических тел. Это обусловлено тем, что кристаллы обладают строгой периодичностью строения и представляют собой созданную самой природой дифракционную решётку для рентгеновских лучей. Историческая справка. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах была открыта в 1912г. немецкими физиками М. Лауэ, В. Фридрихом и П. Книппингом. Направив узкий пучок рентгеновских лучей на неподвижный кристалл, они зарегистрировали на помещенной за кристаллом

фотопластинке дифракционную картину, которая состояла из большого числа закономерно расположенных пятен. Каждое пятно — след дифракционного луча, рассеянного кристаллом. Рентгенограмма, полученная таким методом, носит название лауэграммы (рис. 1).

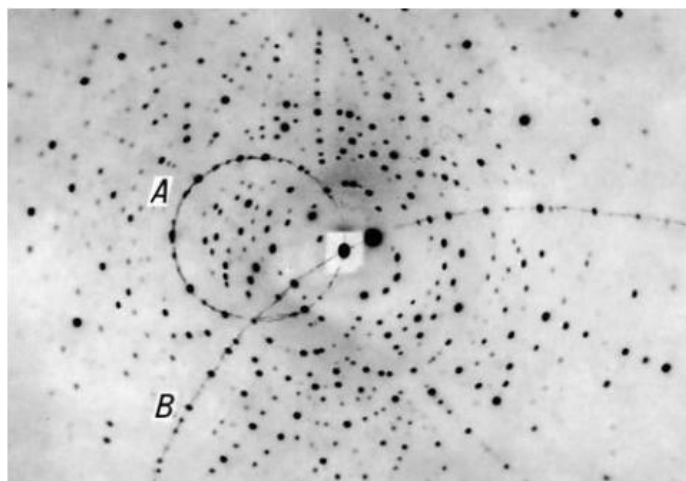


Рисунок 1. Лауэграмма произвольно установленного монокристалла берилла. (Тонкими линиями показаны зональные кривые.)

Разработанная Лауэ теория дифракции рентгеновских лучей на кристаллах позволила связать длину волны λ излучения, параметры элементарной ячейки кристалла a , b , c углы падающего (α_0 , β_0 , γ_0) и дифракционного (α , β , γ) лучей соотношениями: $a(\cos\alpha - \cos\alpha_0) = h\lambda$, $b(\cos\beta - \cos\beta_0) = k\lambda$, $c(\cos\gamma - \cos\gamma_0) = l\lambda$, где h , k , l — целые числа (миллеровские индексы). Для возникновения дифракционного луча необходимо выполнение приведённых условий Лауэ [уравнений (1)], которые требуют, чтобы в параллельных лучах разность хода между лучами, рассеянными атомами, отвечающими соседним узлам решётки, были равны целому числу длин волн. В 1913г. У. Л. Брэгг и одновременно с ним Г. В. Вульф предложили более наглядную трактовку возникновения дифракционных лучей в кристалле. Они показали, что любой из дифракционных лучей можно рассматривать как отражение падающего луча от одной из систем кристаллографических плоскостей (дифракционное отражение). В том же году У. Г. и У. Л. Брэгги впервые исследовали атомные структуры простейших кристаллов с помощью рентгеновских дифракционных методов. В 1916г. П. Дебай и немецкий физик П. Шеррер предложили использовать дифракцию рентгеновских лучей для исследования структуры поликристаллических материалов. В 1938г. французский кристаллограф А. Гинье разработал метод рентгеновского малоуглового рассеяния для исследования формы и размеров неоднородностей в веществе. Рентгенограммы. Рентгенограмма — зарегистрированное на светочувствительном материале (фотоплёнке, фотопластинке) изображение объекта, возникающее в результате взаимодействия рентгеновских лучей с веществом. При освещении объекта рентгеновскими лучами может происходить поглощение, отражение или дифракция рентгеновских лучей. Пространственное распределение их интенсивности после взаимодействия и фиксируется на рентгенограмме. Рентгенограммы, дающие «тенивое» изображение объекта, получают вследствие неодинакового поглощения рентгеновских лучей разными участками исследуемого объекта (абсорбционные рентгенограммы) и используются для исследования биологических объектов (в частности, в медицине), для обнаружения различных дефектов в материалах и конструкциях (Дефектоскопия), для выяснения неоднородностей состава неорганических материалов (проекционная рентгеновская микроскопия).



Рисунок 2. Снимок в гамма-излучении (слева) и фотография разреза прибыли (справа) слитка массой около 500 кг; видна усадочная раковина.

Дифракционные рентгенограммы, получающиеся в результате дифракционного рассеяния рентгеновских лучей кристаллическими образцами, используются для решения задач рентгеновского структурного анализа. В зависимости от типа исследуемого вещества (поли- или монокристаллы), характера используемого рентгеновского излучения (непрерывного спектра или мономатического), а также от геометрических условий съёмки дифракционные рентгенограммы носят различные названия. Рентгенограммы вращения (качания) — дифракционные картины, зарегистрированные при вращении или качании кристалла во время съёмки; вейссен-бергограммы, кфорограммы — рентгенограммы, получаемые при синхронном вращении монокристалла и перемещении фотоплёнки; коселеграммы, получаемые в широкоотходящем пучке мономатического рентгеновского излучения; рентгеновские топограммы. Экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа. Для создания условий дифракции и регистрации излучения служат рентгеновские камеры и рентгеновские дифрактометры. Рассеянное рентгеновское излучение в них фиксируется на фотоплёнке или измеряется детекторами ядерных излучений. В зависимости от состояния исследуемого образца и его свойств, а также от характера и объёма информации, которую необходимо получить, применяют различные методы рентгеноструктурного анализа. Монокристаллы, отбираемые для исследования атомной структуры, должны иметь размеры $\sim 0,1$ мм и по возможности обладать совершенной структурой. Рентгеновская камера - прибор для изучения или контроля атомной структуры образца путём регистрации на фотоплёнке картины, возникающей при дифракции рентгеновских лучей на исследуемом образце. Рентгеновские камеры применяют в рентгеновском структурном анализе. Назначение рентгеновской камеры — обеспечить выполнение условий дифракции рентгеновских лучей (условие Брега-Вульфа) и получение рентгенограмм. Брега — Вульфа условие, условие, определяющее положение интерференционных максимумов рентгеновских лучей, рассеянных кристаллом без изменения длины волны. Было установлено в 1913 независимо друг от друга английским учёным У. Л. Брэгом и русским учёным Г. В. Вульфом вскоре после открытия немецким учёным М. Лауэ и его сотрудниками дифракции рентгеновских лучей. Согласно теории Брэга — Вульфа, максимумы возникают при отражении рентгеновских лучей от системы параллельных кристаллографических плоскостей, когда лучи, отражённые разными плоскостями этой системы, имеют разность хода, равную целому числу длин волн. Условие Брега-Вульфа можно записать в следующем виде: $2d\sin\theta = m\lambda$, где d — межплоскостное расстояние, θ — угол скольжения, т. е. угол между отражающей плоскостью и падающим лучом, λ — длина волны рентгеновского излучения и m — так называемый, порядок отражения, т. е. положительное целое число. Источником излучения для рентгеновской камеры служит рентгеновская трубка. Рентгеновские камеры могут быть конструктивно различными в зависимости от специализации камеры (рентгеновские камеры для исследования монокристаллов, поликристаллов, для получения малоугловых рентгенограмм, для рентгеновской топографии и др.). Все типы рентгеновские камеры содержат коллиматор,

узел установки образца, кассету с фотоплёнкой, механизм движения образца (а иногда и кассеты). Коллиматор формирует рабочий пучок первичного излучения и представляет собой систему щелей (отверстий), которые вместе с фокусом рентгеновской трубки определяют направление и расходимость пучка (т. н. геометрию метода). Вместо коллиматора на входе камеры может устанавливаться кристалл-монокроматор (плоский или изогнутый). Монокроматор выбирает в первичном пучке рентгеновское излучение определённых длин волн; аналогичный эффект может быть достигнут установкой в камере селективно поглощающих фильтров. Узел установки образца обеспечивает его закрепление в держателе и задание ему начального положения относительно первичного пучка. Он служит также для центрировки образца (выведения его на ось вращения), а в Р. к. для исследования монокристаллов — и для наклона образца на гониометрической головке. Если образец имеет форму пластины, то его закрепляют на отъюстированных направляющих. Это исключает необходимость дополнительной центрировки образца. В рентгеновской топографии больших монокристаллических пластин держатель образца может поступательно перемещаться (сканировать) синхронно со смещением плёнки при сохранении углового положения образца. Рентгеновская позволяет изучать структуру вещества как в нормальных условиях, так и при высоких и низких температурах, в глубоком вакууме, атмосфере специального состава, при механических деформациях и напряжениях и т.д. Держатель образца может иметь приспособления для создания необходимых температур, вакуума, давления, измерительные приборы и защиту узлов камеры от нежелательных воздействий. Рентгеновские камеры для исследования поликристаллов и монокристаллов существенно различны. Для исследования поликристаллов можно использовать параллельный первичный пучок (дебаевские Р. к.; рис. 2, а;) и расходящийся (фокусирующие Р. к.; рис. 2, б и в). Фокусирующие Р. к. обладают большой экспрессностью измерений, но рентгенограммы, получаемые на них, регистрируют лишь ограниченную область углов дифракции. В этих Р. к. в качестве источника первичного излучения может служить радиоактивный изотопный источник. Рентгеновские камеры для исследования монокристаллов конструктивно различны в зависимости от их назначения. Существуют камеры для ориентировки кристалла, т. е. определения направления его кристаллографических осей (рис. 3, а,); Рентгеновские камеры вращения-колебания для измерения параметров кристаллической решётки (по измерению угла дифракции отдельных отражений или положению слоевых линий) и для определения типа элементарной ячейки (рис. 3, б и в); Рентгеновские камеры для раздельной регистрации дифракционных максимумов (развёртки слоевых линий), называются рентгеновскими гониометрами с фоторегистрацией; топографические Рентгеновские камеры для исследования нарушений кристаллической решётки в почти совершенных кристаллах. Рентгеновские камеры для монокристаллов часто снабжены системой отражательного гониометра для измерений и начальной установки огранённых кристаллов. Для исследования аморфных и стеклообразных тел, а также растворов используют Р. к., регистрирующие рассеяние под малыми углами дифракции (порядка нескольких угловых секунд) вблизи первичного пучка; коллиматоры таких камер должны обеспечить нерасходимость первичного пучка, чтобы можно было выделить излучение, рассеянное исследуемым объектом под малыми углами. Для этого используют сходимость пучка, протяжённые идеальные кристаллографические плоскости, создают вакуум и т.д. Р. к. для изучения объектов микронных размеров применяют с острофокусными рентгеновскими трубками; в этом случае расстояние образец — фотоплёнка можно значительно уменьшить (микрокамеры). Рентгеновские камеры часто называют по имени автора метода рентгенографирования, используемого в данном приборе. Рентгеновский дефрактومتر применяется для решения различных задач рентгеновского структурного анализа. Он позволяет измерять интенсивности дифрагированного в заданном направлении излучения с точностью до 10-х долей процента и углы дифракции с точностью до 10-х долей минуты. С помощью Рентгеновский дефрактومتر можно

производить фазовый анализ поликристаллических объектов и исследование текстур, ориентировку монокристалльных блоков, получать полный набор интенсивностей отражений от монокристалла, исследовать структуру многих веществ при различных внешних условиях и т.д. Рентгеновский дифрактометр состоит из источника рентгеновского излучения, рентгеновского гониометра, в который помещают исследуемый образец, детектора излучения и электронного измерительно-регистрирующего устройства. Детектором в рентгеновском дифрактометре служит не фотоплёнка, как в рентгеновской камере, а счётчики квантов (сцинтилляционные, пропорциональные, полупроводниковые счётчики или Гейгера — Мюллера счётчики). Дифракционную картину образца в рентгеновском дифрактометре получают последовательно: счётчик перемещается в процессе измерения и регистрирует попавшую в него энергию излучения за определённый интервал времени. По сравнению с рентгеновскими камерами рентгеновский дифрактометр обладает более высокой точностью, чувствительностью, большей экспрессностью. Процесс получения информации в рентгеновском дифрактометре может быть полностью автоматизирован, поскольку в нём отсутствует необходимость проявления фотоплёнки, причём в автоматическом рентгеновском дифрактометре прибором управляют ЭВМ, полученные данные поступают на обработку в ЭВМ. Универсальные приборы можно использовать для различных рентгеноструктурных исследований, заменяя приставки к гониометрическому устройству. В больших лабораториях применяются специализированные дифрактометры, предназначенные для решения какой-либо одной задачи рентгеноструктурного анализа. Детекторы ядерных излучений, приборы для регистрации альфа- и бета-частиц, рентгеновского и гамма-излучения, нейтронов, протонов и т.п. Служат для определения состава излучения и измерения его интенсивности, измерения спектра энергий частиц, изучения процессов взаимодействия быстрых частиц с атомными ядрами и процессов распада нестабильных частиц. Для последней наиболее сложной группы задач особенно полезны детекторы ядерных излучений, позволяющие запечатлевать траектории отдельных частиц — Вильсона камера и её разновидность диффузионная камера, пузырьковая камера, искровая камера, ядерные фотографические эмульсии. Действие всех детекторов ядерных излучений основано на ионизации или возбуждении заряженными частицами атомов вещества, заполняющего рабочий объём детектора ядерных излучений. Рентгеногониометрические методы. Для полного исследования структуры монокристалла методами рентгеноструктурного анализа необходимо не только установить положение, но и измерить интенсивности как можно большего числа дифракционных отражений, которые могут быть получены от кристалла при данной длине волны излучения и всех возможных ориентациях образца. Для этого дифракционную картину регистрируют на фотоплёнке в рентгеновском гониометре и измеряют с помощью микрофотометра степень почернения каждого пятна на рентгенограмме. В рентгеновском дифрактометре можно непосредственно измерять интенсивность дифракционных отражений с помощью пропорциональных, сцинтилляционных и других счётчиков рентгеновских квантов. Чтобы иметь полный набор отражений, в рентгеновских гониометрах получают серию рентгенограмм. На каждой из них фиксируются дифракционные отражения, на миллеровские индексы которых накладывают определённые ограничения (например, на разных рентгенограммах регистрируются отражения типа $hk0$, $hk1$ и т.д.). Наиболее часто производят рентгеногониометрический эксперимент по методам Вайсенберга. Бюргера (рис. 2) и де Йонга — Боумена. Такую же информацию можно получить и с помощью рентгенограмм качания. Для установления атомной структуры средней сложности (~ 50—100 атомов в элементарной ячейке) необходимо измерить интенсивности нескольких сотен и даже тысяч дифракционных отражений. Эту весьма трудоёмкую и кропотливую работу выполняют автоматические микроденситометры и дифрактометры, управляемые ЭВМ, иногда в течение нескольких недель и даже месяцев (например, при анализе структур белков, когда число отражений возрастает до сотен тысяч). Применением в

дифрактометре нескольких счётчиков, которые могут параллельно регистрировать отражения, время эксперимента удаётся значительно сократить. Дифрактометрические измерения превосходят фоторегистрацию по чувствительности и точности. Метод исследования поликристаллов (Дебая — Шеррера метод). Металлы, сплавы, кристаллические порошки состоят из множества мелких монокристаллов данного вещества. Для их исследования используют монохроматическое излучение. Рентгенограмма (дебаграмма) поликристаллов представляет собой несколько концентрических колец, в каждое из которых сливаются отражения от определённой системы плоскостей различно ориентированных монокристаллов. Дебаграммы различных веществ имеют индивидуальный характер и широко используются для идентификации соединений (в том числе и в смесях). Р.с.а. поликристаллов позволяет определять фазовый состав образцов, устанавливать размеры и преимущественную ориентацию (текстурирование) зёрен в веществе, осуществлять контроль за напряжениями в образце и решать другие технические задачи. Исследование аморфных материалов и частично упорядоченных объектов. Чёткую рентгенограмму с острыми дифракционными максимумами можно получить только при полной трёхмерной периодичности образца. Чем ниже степень упорядоченности атомного строения материала, тем более размытый, диффузный характер имеет рассеянное им рентгеновское излучение. Диаметр диффузного кольца на рентгенограмме аморфного вещества может служить для грубой оценки средних межатомных расстояний в нём. С ростом степени упорядоченности в строении объектов дифракционная картина усложняется и, следовательно, содержит больше структурной информации. Метод малоуглового рассеяния позволяет изучать пространственные неоднородности вещества, размеры которых превышают межатомные расстояния, т.е. составляют от 5—10 до ~ 10 000 . Рассеянное рентгеновское излучение в этом случае концентрируется вблизи первичного пучка — в области малых углов рассеяния. Малоугловое рассеяние применяют для исследования пористых и мелкодисперсных материалов, сплавов и сложных биологических объектов: вирусов, клеточных мембран, хромосом. Для изолированных молекул белка и нуклеиновых кислот метод позволяет определить их форму, размеры, молекулярную массу; в вирусах — характер взаимной укладки составляющих их компонент: белка, нуклеиновых кислот, липидов; в синтетических полимерах — упаковку полимерных цепей; в порошках и сорбентах — распределение частиц и пор по размерам; в сплавах — возникновение и размеры фаз; в текстурах (в частности, в жидких кристаллах) — форму упаковки частиц (молекул) в различного рода надмолекулярные структуры. Рентгеновский малоугловой метод применяется и в промышленности при контроле процессов изготовления катализаторов, высокодисперсных углей и т.д. В зависимости от строения объекта измерения производят для углов рассеяния от долей минуты до нескольких градусов. Определение атомной структуры по данным дифракции рентгеновских лучей. Расшифровка атомной структуры кристалла включает: установление размеров и формы его элементарной ячейки; определение принадлежности кристалла к одной из 230 федоровских (открытых Е. С. Федоровым) групп симметрии кристаллов; получение координат базисных атомов структуры. Первую и частично вторую задачи можно решить методами Лауэ и качания или вращения кристалла. Окончательно установить группу симметрии и координаты базисных атомов сложных структур возможно только с помощью сложного анализа и трудоёмкой математической обработки значений интенсивностей всех дифракционных отражений от данного кристалла. Конечная цель такой обработки состоит в вычислении по экспериментальным данным значений электронной плотности $\rho(x, y, z)$ в любой точке ячейки кристалла с координатами x, y, z . Периодичность строения кристалла позволяет записать электронную плотность в нём через Фурье ряд:
$$\rho(x, y, z) = \sum_{hkl} F_{hkl} \exp(2\pi i(hx + ky + lz)) \quad (2)$$
 где V — объём элементарной ячейки, F_{hkl} — коэффициенты Фурье, которые в Р. с. а. называются структурными амплитудами, $i = \sqrt{-1}$. Каждая структурная амплитуда характеризуется тремя целыми числами hkl и связана с

тем дифракционным отражением, которое определяется условиями (1). Назначение суммирования (2) — математически собрать дифракционные рентгеновские отражения, чтобы получить изображение атомной структуры. Производить таким образом синтез изображения в Р. с. а. приходится из-за отсутствия в природе линз для рентгеновского излучения (в оптике видимого света для этого служит собирающая линза). Дифракционное отражение — волновой процесс. Он характеризуется амплитудой, равной $|F_{hkl}|$, и фазой α_{hkl} (сдвигом фазы отражённой волны по отношению к падающей), через которую выражается структурная амплитуда: $F_{hkl} = |F_{hkl}| (\cos \alpha_{hkl} + i \sin \alpha_{hkl})$. Дифракционный эксперимент позволяет измерять только интенсивности отражений, пропорциональные $|F_{hkl}|^2$, но не их фазы. Определение фаз составляет основную проблему расшифровки структуры кристалла. Определение фаз структурных амплитуд в принципиальном отношении одинаково как для кристаллов, состоящих из атомов, так и для кристаллов, состоящих из молекул. Определив координаты атомов в молекулярном кристаллическом веществе, можно выделить составляющие его молекулы и установить их размер и форму. Легко решается задача, обратная структурной расшифровке: вычисление по известной атомной структуре структурных амплитуд, а по ним — интенсивностей дифракционных отражений. Метод проб и ошибок, исторически первый метод расшифровки структур, состоит в сопоставлении экспериментально полученных $|F_{hkl}|_{\text{эксп}}$, с вычисленными на основе пробной модели значениями $|F_{hkl}|_{\text{выч}}$. В зависимости от величины фактора расходимости пробная модель принимается или отвергается. В 30-х гг. были разработаны для кристаллических структур более формальные методы, но для некристаллических объектов метод проб и ошибок по-прежнему является практически единственным средством интерпретации дифракционной картины. Принципиально новый путь к расшифровке атомных структур монокристаллов открыло применение функций Патерсона (функций межатомных векторов). Для построения функции Патерсона некоторой структуры, состоящей из N атомов, перенесём её параллельно самой себе так, чтобы в фиксированное начало координат попал сначала первый атом. Векторы от начала координат до всех атомов структуры (включая вектор нулевой длины до первого атома) укажут положение N максимумов функции межатомных векторов, совокупность которых называется изображением структуры в атоме 1. Добавим к ним ещё N максимумов, положение которых укажет N векторов от второго атома, помещенного при параллельном переносе структуры в то же начало координат. Прделав эту процедуру со всеми N атомами (рис. 3), мы получим N^2 векторов. Функция, описывающая их положение, и есть функция Патерсона. Для функции Патерсона $P(u, v, \omega)$ (u, v, ω — координаты точек в пространстве межатомных векторов) можно получить выражение: , из которого следует, что она определяется модулями структурных амплитуд, не зависит от их фаз и, следовательно, может быть вычислена непосредственно по данным дифракционного эксперимента. Трудность интерпретации функции $P(u, v, \omega)$ состоит в необходимости нахождения координат N атомов из N^2 её максимумов, многие из которых сливаются из-за перекрытий, возникающих при построении функции межатомных векторов. Наиболее прост для расшифровки $P(u, v, \omega)$ случай, когда в структуре содержится один тяжёлый атом и несколько лёгких. Изображение такой структуры в тяжёлом атоме будет значительно отличаться от др. её изображений. Среди различных методик, позволяющих определить модель исследуемой структуры по функции Патерсона, наиболее эффективными оказались так называемые суперпозиционные методы, которые позволили формализовать её анализ и выполнять его на ЭВМ. Методы функции Патерсона сталкиваются с серьёзными трудностями при исследовании структур кристаллов, состоящих из одинаковых или близких по атомному номеру атомов. В этом случае более эффективными оказались так называемые прямые методы определения фаз структурных амплитуд. Учитывая тот факт, что значение электронной плотности в кристалле всегда положительно (или равно нулю), можно получить большое число

неравенств, которым подчиняются коэффициенты Фурье (структурные амплитуды) функции $\rho(x, y, z)$. Методами неравенств можно сравнительно просто анализировать структуры, содержащие до 20—40 атомов в элементарной ячейке кристалла. Для более сложных структур применяются методы, основанные на вероятностном подходе к проблеме: структурные амплитуды и их фазы рассматриваются как случайные величины; из физических представлений выводятся функции распределения этих случайных величин, которые дают возможность оценить с учётом экспериментальных значений модулей структурных амплитуд наиболее вероятные значения фаз. Эти методы также реализованы на ЭВМ и позволяют расшифровать структуры, содержащие 100—200 и более атомов в элементарной ячейке кристалла. Итак, если фазы структурных амплитуд установлены, то по (2) может быть вычислено распределение электронной плотности в кристалле, максимумы этого распределения соответствуют положению атомов в структуре. Заключительное уточнение координат атомов проводится на ЭВМ наименьших квадратов методом и в зависимости от качества эксперимента и сложности структуры позволяет получить их с точностью до тысячных долей (с помощью современного дифракционного эксперимента можно вычислять также количественные характеристики тепловых колебаний атомов в кристалле с учётом анизотропии этих колебаний). Рентгеноструктурный анализ даёт возможность установить и более тонкие характеристики атомных структур, например распределение валентных электронов в кристалле. Однако эта сложная задача решена пока только для простейших структур. Весьма перспективно для этой цели сочетание нейтронографических и рентгенографических исследований: нейтронографические данные о координатах ядер атомов сопоставляют с распределением в пространстве электронного облака, полученным с помощью рентгеноструктурный анализ для решения многих физических и химических задач совместно используют рентгеноструктурные исследования и резонансные методы. Вершина достижений рентгеноструктурного анализа — расшифровка трёхмерной структуры белков, нуклеиновых кислот и других макромолекул. Белки в естественных условиях, как правило, кристаллов не образуют. Чтобы добиться регулярного расположения белковых молекул, белки кристаллизуют и затем исследуют их структуру. Фазы структурных амплитуд белковых кристаллов можно определить только в результате совместных усилий рентгенографов и биохимиков. Для решения этой проблемы необходимо получить и исследовать кристаллы самого белка, а также его производных с включением тяжёлых атомов, причём координаты атомов во всех этих структурах должны совпадать.

Учебно-методические материалы

Приложение 2.2

Методические указания к практическим занятиям

**Практическое занятие №1. «ГИС-технологий для интерпретации
результатов экологических исследований»
(6 часов)**

Геопривязка топографической карты.

Любые пространственные данные, которые планируется использовать в качестве топографической основы (исходного растра) в ГИС, нуждаются в географической привязке (геопривязке).

Геопривязка подразумевает под собой пространственную ориентацию топографической основы в какой-либо общепринятой (географическая, полярная, плоская прямоугольная) или искусственно созданной (план-схема) системе координат.

При работе с геопривязанными изображениями появляется возможность выполнения операций перехода из одной системы координат в другую, определения реальных значений длин, периметров и площадей пространственных объектов, сшивки соседних листов карт, планов или изображений, полученных путем дистанционного зондирования поверхности Земли.

Функциональные возможности программного продукта MapInfo позволяют осуществлять геопривязку отсканированных карт и планов, аэро- и космоснимков, и другой картографической информации в любой системе координат.

Система координат - это система величин, определяющих положение точки в пространстве или на плоскости. Наибольшее распространение в геодезии и картографии получили: географическая система координат, полярная система координат и плоская прямоугольная система координат.

Географическая система координат (рис. 1) определяет положение точки на Земной поверхности угловыми величинами - широтой и долготой.

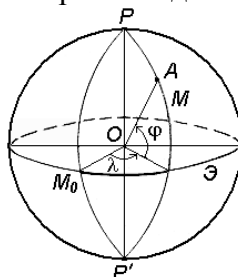


Рисунок 1. Система географических координат

Географическая широта (φ) - угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью. Географическая широта бывает северной и южной и изменяется от 0^0 до 90^0 .

Географическая долгота (λ) - двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки с плоскостью начального (Гринвичского) меридиана. Долгота бывает восточной и западной, и изменяется от 0^0 до 180^0 .

Полярная система координат (рис. 2) определяет положение точки на Земной поверхности линейно-угловыми величинами - углом (β), отсчитываемым по часовой стрелке от полярной оси (OP) до направления на горизонтальную проекцию точки (A'), и полярным расстоянием (r) от полюса системы (O) до проекции точки (A').

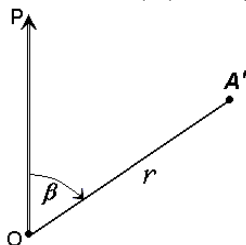


Рисунок 2. Полярная система координат

Для определения положения точек в плоской прямоугольной системе координат (рис. 3) используют горизонтальную координатную плоскость XOY, образованную двумя взаимно перпендикулярными прямыми. Одну из них принимают за ось абсцисс X, другую - за ось ординат Y, точку пересечения осей O - за начало координат.

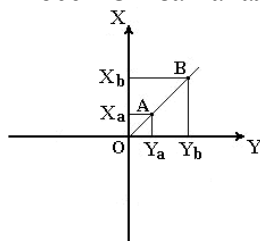


Рисунок 3. Плоская прямоугольная система координат

Изучаемые точки проектируют с математической поверхности Земли на координатную плоскость XOY. Так как сферическая поверхность не может быть спроектирована на плоскость без искажений, то при построении плоской проекции математической поверхности Земли принимается неизбежность данных искажений, но при этом их величины в достаточной степени ограничивают. С этой целью вводится равноугольная картографическая проекция Гаусса-Крюгера (рис. 4), в которой математическая поверхность Земли проектируется на плоскость по участкам - зонам, на которые вся земная поверхность делится меридианами через 6^0 или 3^0 , начиная с начального меридиана.

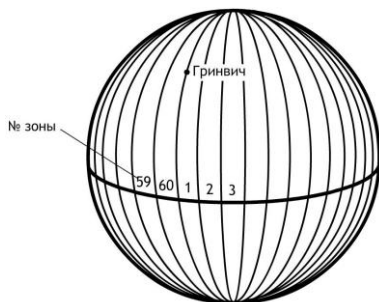


Рисунок 4. Равноугольная картографическая проекция Гаусса-Крюгера

В пределах каждой зоны строится своя прямоугольная система координат. С этой целью все точки данной зоны проецируются на поверхность цилиндра (рис. 5, а), ось которого находится в плоскости экватора Земли, а его поверхность касается поверхности Земли вдоль среднего меридиана зоны, называемого осевым. При этом соблюдается условие сохранения подобия фигур на земле и в проекции при малых размерах этих фигур.

После проектирования точек зоны на цилиндр, он разворачивается на плоскость, на которой изображение проекции осевого меридиана и соответствующего участка экватора будет представлена в виде двух взаимно перпендикулярных прямых (рис. 5, б). Точка пересечения их принимается за начало зональной плоской прямоугольной системы координат, изображение северного направления осевого меридиана - за положительную ось абсцисс, а изображение восточного направления экватора - за положительное направление оси ординат.

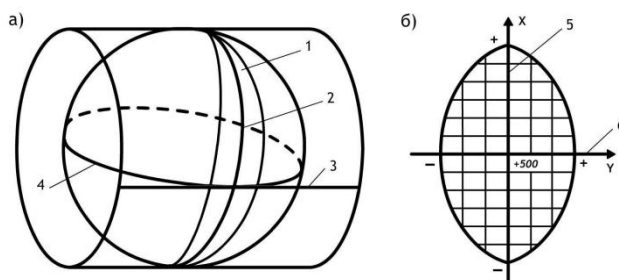


Рисунок 5. Равноугольная картографическая проекция Гаусса-Крюгера (а) и зональная система координат (б): 1 - зона, 2 - осевой меридиан зоны, 3 - проекция экватора на поверхность цилиндра, 4 - экватор, 5 - проекция осевого меридиана, 6 - проекция экватора

Для всех точек на территории Российской Федерации абсциссы имеют положительное значение. Чтобы ординаты точек также были только положительными, в каждой зоне ординату начала координат принимают равной 500 км (рис. 5, б). Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют ординаты меньше 500 км, а к востоку - больше 500 км. Эти ординаты называют преобразованными.

В рамках курсового проекта студентам необходимо осуществить геопривязку топографической карты, выданной руководителем, в системе плоских прямоугольных координат. Топографические карты с нанесенной на них сеткой плоских прямоугольных координат - наиболее достоверный и качественный источник картографической информации для территории бывшего СССР. Геопривязка такой карты проводится по следующему алгоритму:

- для загрузки исходного растра в интерфейс программы MapInfo необходимо выполнить команду Файл → Открыть. В появившемся окне выбираем тип файла Растр, после чего открываем исходный растр;

- в появившемся окне необходимо нажать кнопку Регистировать, после чего попадаем в окно регистрации изображения;

- геопривязку исходного растра следует начинать с выбора системы координат. Чтобы осуществить геопривязку растра в плоской-прямоугольной системе координат необходимо в появившемся окне нажать кнопку Проекция и выбрать проекцию Гаусса-Крюгера (Пулково 1942), а также номер 6-и градусной зоны. Номер 6-и градусной зоны определяется по топографической карте как первая цифра (если полная координата состоит из 4 цифр) или первые 2 цифры (если полная координата состоит из 5 цифр) координат по оси Y (ось ординат);

- следующим шагом геопривязки является расстановка реперных точек. Целесообразнее всего точки разместить на пересечении линий сетки плоских прямоугольных координат, так как здесь точно известны координаты каждой точки. Для вставки реперной точки необходимо нажать кнопку Добавить и разместить точку на карте,

после чего появится окно ввода координат, куда вводим координаты установленной точки: X - в данном случае будет долгота, а Y - широта в метрах. Для геопривязки топографической карты необходимо разместить на ней как минимум 4 точки, преимущественно по углам карты. При правильном расположении реперных точек и правильном вводе координат ошибка регистрации растра не должна превышать 1 пикселя;

- к регистрации карты можно всегда вернуться, выполнив команду Таблица → Растр → Регистрация изображения.

Оцифровка горизонталей на топографической карте.

При работе в ГИС существует 2 основные модели пространственных данных - растровая и векторная.

Растровая модель данных - это цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек растра (пик-селов) с присвоенными им значениями класса объектов. Растровое представление предполагает позиционирование объектов указанием их положения в соответствующей растру прямоугольной матрице единообразно для всех типов пространственных объектов, при этом вся изучаемая территория разбивается на элементы регулярной сетки или ячейки, каждая из которых содержит только одно значение. При работе в ГИС растровая модель данных топографической основой с геопривязкой, то есть пространственно ориентированным изображением, с которым планируется работать.

Векторная модель данных - это цифровое представление точечных, линейных и полигональных объектов в виде набора координатных пар. Векторная модель данных позволяет привязать любую пространственную информацию (абсолютная отметка, координаты и т.д.) или какой либо физический параметр (население, средняя температура, концентрация загрязняющего вещества и т.д.) к каждому точечному, линейному или полигональному объекту, а также позволяет рассчитывать другие параметры объекта, на основании существующих данных. Перевод пространственных данных из растрового представления в векторную форму называется оцифровкой.

Оцифровка горизонталей на топографической карте проводится по следующему алгоритму:

- в панели инструментов Управление слоями делается редактируемым косметический слой исходного растра. Косметический слой - это временный слой, который создается для оцифровки нового набора пространственных данных, которые затем сохраняются в отдельный слой с определенным названием;

- в панели инструментов Пенал выбирается инструмент Точечный объект, после чего на горизонталь с одним значением равноудаленно наносится множество точек (количество точек зависит от длины горизонтали, а их удаленность - от степени извилистости горизонтали);

- после того, как горизонталь полностью оцифрована, необходимо сохранить косметический слой. Для этого необходимо выполнить команду Карта → Сохранить косметику. Слою присваивается название, например «Рельеф».

- дальше вся работа проводится в созданном слое «Рельеф», для этого необходимо выполнить команду Файл → Открыть. В появившемся окне выбираем тип файла MapInfo (*.tab), а в поле ниже - в активной карте, после чего открываем сохраненный слой;

- чтобы придать каждой точке значение абсолютной отметки необходимо открыть сохраненный слой «Рельеф» в виде списка, для этого на Панели инструментов выбираем кнопку Новый список. Появляется окно с таблицей, которая имеет всего одну колонку «ID», а количество строк соответствует количеству поставленных точек. В первой колонке необходимо вручную задать порядковый номер точки. Чтобы добавить колонку для абсолютной отметки необходимо проделать команду Таблица → Изменить → Перестроить. В появившемся окне можно добавлять или удалять колонки таблицы, менять их название и тип данных в них. В программном продукте MapInfo предоставляется возможность работы со следующими типами данных: символьное - текстовый тип,

максимальная длина которого 254 символа; целое - числовой тип, целые числа; короткое целое - числовой тип, целые числа, но занимает меньше места на жестком диске, чем целый тип; вещественное - числовой тип с плавающей точкой; десятичное - числовой тип, позволяет настраивать длину (количество символов) в целой и дробной части; дата - позволяет хранить даты; логическое - может иметь лишь два значения: «правда» и «ложь». Тип данных в колонке выбирается в соответствии с типом данных, которые будут находиться в данной колонке. В рамках курсового проекта в колонке со значением абсолютной отметки целесообразно выбрать тип данных «вещественное»;

- после того, как колонка создана, таблица сохраняется, при этом она пропадает из интерфейса программы. Для того, чтобы продолжить работу с этим слоем, его необходимо открыть по приведенному выше алгоритму;

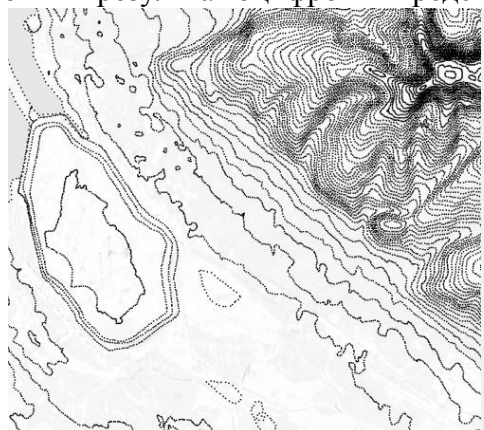
- в созданную колонку необходимо внести значение абсолютной отметки каждой точки. Значение абсолютной отметки на данном этапе будет одинаковым для всех точек, так как оцифрована только одна горизонталь;

- после проделанных операций можно приступить к оцифровке всех остальных горизонталей. Для этого в панели инструментов Управление слоями делается редактируемым сохраненный слой «Рельеф» и проводится оцифровка следующей горизонтали. Когда очередная горизонталь оцифрована необходимо нажать кнопку Сохранить на панели задач, перейти в представление слоя в виде таблицы, и заполнить вновь появившиеся строки порядковыми номерами и значениями абсолютной отметки в данной точке. Очень важно придавать значения абсолютной отметки всем точкам, прежде чем приступить к оцифровке следующей горизонтали;

- когда все горизонталей на топографической карте оцифрованы, в итоговую таблицу необходимо внести координаты каждой точки в системе координат исходного раstra. Для этого необходимо выполнить команду Программы → Каталог программ, которая откроет окно загрузки встроенных утилит MapInfo. В этом окне необходимо поставить флажок напротив утилиты Извлечь координаты. После этого в меню Программы появляется новый пункт - Записать координаты объекта. Выбрав эту команду, открывается окно утилиты загрузки координат. В появившемся окне необходимо выбрать в какую колонку будет помещена долгота, а в какую широта. Так как в исходной таблице только 2 колонки, которые уже заняты другими значениями, необходимо нажать на кнопку Создать новые колонки для координат и задать их названия. После этого нажимаем кнопку Извлечь координаты. В таблице появляются 2 новые колонки с координатами каждого точечного объекта;

- итоговую таблицу необходимо сохранить в виде текстового файла, чтобы оставить за собой возможность перенести результаты проделанной работы в любую другую ГИС.

Конечный результат оцифровки представлен на рис. 6.



	№	Долгота	Широта	Н
<input type="checkbox"/>	1	33,2003	67,6482	145
<input type="checkbox"/>	2	33,1967	67,6493	110
<input type="checkbox"/>	3	33,1966	67,649	110
<input type="checkbox"/>	4	33,1969	67,6488	110
<input type="checkbox"/>	5	33,1975	67,6487	110
<input type="checkbox"/>	6	33,198	67,6484	110
<input type="checkbox"/>	7	33,1986	67,6483	110
<input type="checkbox"/>	8	33,1991	67,6481	110
<input type="checkbox"/>	9	33,1995	67,6479	110
<input type="checkbox"/>	10	33,1998	67,6476	110
<input type="checkbox"/>	11	33,1999	67,6474	110
<input type="checkbox"/>	12	33,2001	67,6473	110
<input type="checkbox"/>	13	33,2003	67,6471	110
<input type="checkbox"/>	14	33,1992	67,6494	145
<input type="checkbox"/>	15	33,1996	67,649	145

Рисунок 6. Результат оцифровки горизонталей на топографической карте в графическом и табличном видах

Построение тематической поверхности.

Тематическая поверхность - это объект, представленный значениями какого-либо параметра Z (температура, концентрация, уровень загрязнения и т.д.), распределенного по области, определяемой координатами X и Y . Классическим примером тематической поверхности является цифровая модель рельефа.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) представляет собой тематическую поверхность, построенную в 3-х мерном пространстве XYZ , где X и Y - это координаты в каждой точке интерполяции, а Z - абсолютная отметка рельефа в данной точке.

ЦМР используется для компьютерного представления участков Земной поверхности. Построение ЦМР в ГИС требует определённой формы представления исходных данных (набора координат точек X, Y, Z) в формате *.txt и способа их структурного описания, позволяющего восстанавливать поверхность путем интерполяции или аппроксимации исходных данных.

Исходные данные для формирования ЦМР получают: оцифровкой горизонталей на топографической карте; по стереопарам снимков; при помощи геодезических измерений или лазерного сканирования местности. Наиболее распространенным является первый способ, так как сбор по стереопарам снимков отличается трудоемкостью и требует специфического программного обеспечения, но при этом он позволяет обеспечить желаемую степень детальности представления земной поверхности. Лазерное сканирование - перспективный современный метод, однако на сегодняшний день он является достаточно дорогим.

Построение ЦМР требует определенной структуры данных, а исходные точки могут быть по-разному распределены в пространстве. Сбор данных может осуществляться по точкам регулярной сети, по структурным линиям рельефа или хаотично. Первичные данные с помощью тех или иных операций приводят к одному из наиболее распространенных в ГИС структур для представления поверхностей: TIN, GRID или TGRID.

TIN (Triangulated Irregular Network) - нерегулярная триангуляционная сеть, представленная в виде системы неперекрывающихся треугольников (рис. 7). Вершинами треугольников являются исходные реперные точки. Цифровая модель рельефа в таком случае формируется многогранной поверхностью, каждая грань которой описывается либо линейной функцией (полиэдральная модель), либо полиномиальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям абсолютной отметки в вершинах граней.

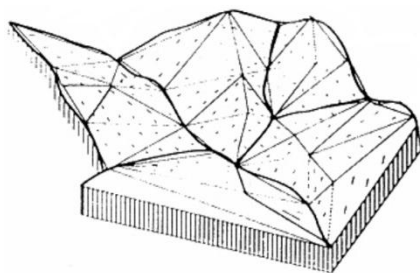


Рисунок 7. TIN поверхность

Структура поверхности TIN наиболее подходит для формирования поверхностей по данным о рельефе местности (ЦМР), либо по данным, линейно распределенным по основным осям поверхности (температура, концентрация, уровень загрязнения и т.д.).

Для построения TIN поверхности необходимо соединить все пары точек ребрами - этот процесс носит название триангуляция Делоне. В приложении к двумерному пространству триангуляция Делоне - это система взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников, которые имеют наименьший периметр, если ни одна из вершин не

попадает внутрь ни одной из окружностей, описанных вокруг образованных треугольников (рис. 8).

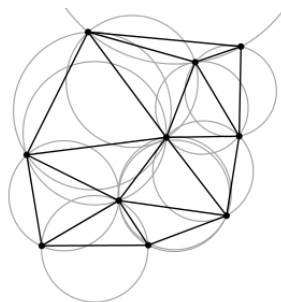


Рисунок 8. Триангуляция Делоне

Образовавшиеся в результате такой триангуляции треугольники максимально приближаются к равносторонним, а каждая из их сторон видна из противоположной вершины под максимальным углом. Интерполяция выполняется по образованным ребрам.

Отличительной особенностью и преимуществом триангуляционной модели является то, что в ней нет преобразований исходных данных. С одной стороны, это не дает использовать такие модели для детального анализа, но с другой стороны, не допускает наличия привнесенных ошибок, которые характерны для моделей, полученных другими методами интерполяции или аппроксимации.

GRID - регулярная матрица значений какого-либо параметра, полученная при интерполяции исходных данных. Для каждой ячейки матрицы значение параметра вычисляется путем интерполяции. Фактически это сетка, размеры которой задаются в соответствии с требованиями точности конкретной решаемой задачи. Регулярная сетка соответствует земной поверхности, а не изображению.

При использовании GRID-модели существует некоторая сложность в выборе интервала между точками. Например, участки поверхности могут быть как сильно пересеченными, так и выположенными. В первом случае необходимо большее количество точек на единицу площади, чем во втором случае (рис.9).

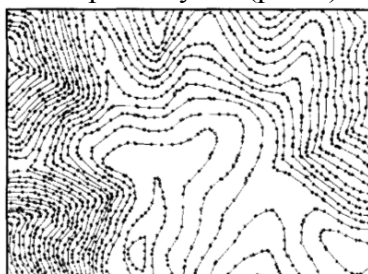


Рисунок 9. Плотность точек в модели GRID

TGRID (triangulated grid) - модель, сочетающая в себе элементы моделей TIN и GRID. Такие модели имеют свои преимущества, например, позволяют использовать дополнительные данные для описания сложных форм рельефа (обрывы, скальные выступы).

Создание тематической поверхности любой структуры (TIN, GRID, TGRID) реализуется на основе интерполяции исходных данных (значений выбранного параметра в реперных точках).

Интерполяция - восстановление функции на заданном интервале по известным ее значениям конечного множества точек, принадлежащих этому интервалу. На сегодняшний день существуют десятки методов интерполяции для создания тематических поверхностей, однако наиболее распространенными являются: линейная интерполяция, метод обратных взвешенных расстояний, кригинг, сплайн-интерполяция и тренд-интерполяция.

Линейная интерполяция - это метод нахождения значения параметра в точке при помощи линейных уравнений. Примером линейной интерполяции может служить метод триангуляции Делоне.

Метод обратных взвешенных расстояний основан на предположении, что чем ближе друг к другу находятся исходные точки, тем ближе их значения. Для более точного описания поля значений набор точек, по которым будет осуществляться интерполяция, необходимо выбирать в некоторой окрестности определяемой точки, так как они оказывают наибольшее влияние на значения параметра в ней. Для этого в систему уравнений вводится максимальный радиус поиска или количество точек, ближайших по расстоянию от начальной (определяемой) точки. Затем значению параметра в каждой выбранной точке задается вес, вычисляемый в зависимости от квадрата расстояния до определяемой точки. Таким образом, более близкие точки вносят больший вклад в определение интерполируемой высоты по сравнению с более удаленными точками.

Метод обратных взвешенных расстояний лучше всего подходит для параметров, значения которых распределены по поверхности случайным образом, при этом значение параметра в произвольной точке может не оказывать влияния на соседние значения, например численность населения. Этот метод интерполяции также хорошо работает на участках с низкой плотностью точек с известным значением определяемого параметра.

Кригинг – это метод интерполяции, который основан на использовании методов математической статистики. В его реализации применяется идея регионализованной переменной, то есть переменной, которая изменяется от места к месту с некоторой видимой непрерывностью, поэтому не может моделироваться только одним математическим уравнением. Поверхность рассматривается в виде трех независимых величин. Первая - тренд, характеризующий изменение поверхности в определенном направлении. Вторая - небольшие отклонения от общей тенденции, вроде маленьких пиков и впадин, которые являются случайными, но все же связанными друг с другом пространственно. Третья - случайный шум, выбивающиеся из преобладающей тенденции значения. С каждой из трех переменных надо оперировать в отдельности. Тренд оценивается с использованием математического уравнения, которое наиболее близко представляет общее изменение поверхности и во многом подобно поверхности тренда.

Интерполяция методом кригинга в большинстве случаев дает хорошие результаты, даже когда плотность исходных точек не велика, однако в некоторых случаях есть вероятность появления большого количества случайных шумов.

Сплайн-интерполяция – метод интерполяции, описание поверхностей в котором осуществляется при помощи полиномов невысоких степеней. При сплайн-интерполяции вся территория разбивается на небольшие непересекающиеся участки. Аппроксимация полиномами осуществляется отдельно для каждого участка. Обычно используют полином третьей степени - кубический сплайн. Затем строится общая функция «склейки» на всю область, с заданием условия непрерывности на границах участков и непрерывности первых и вторых частных производных, то есть обеспечивается гладкость склеивания полиномов. Сглаживание сплайн-функциями особенно удобно при моделировании поверхностей, осложненных разрывными нарушениями, и позволяет избежать искажения типа «краевых эффектов».

Тренд-интерполяция описывает общие тенденции поверхности, которые характеризуются поверхностью тренда. Аналогично методу обратных взвешенных расстояний для поверхности тренда используется набор точек в пределах заданной окрестности. В пределах каждой окрестности строится поверхность наилучшего приближения на основе математических уравнений, таких как полиномы или сплайны. Тип используемого уравнения или степень полинома определяет величину волнистости поверхности. Например, поверхность тренда первого порядка будет выглядеть как плоскость, пересекающая под некоторым углом всю поверхность, а поверхность второго порядка будет иметь один изгиб.

Средствами базовой комплектации MapInfo 10.0 (без установленного дополнения Vertical Mapper) возможно создание тематических поверхностей структуры TGRID с использованием TIN интерполяции (метод триангуляции Делоне) или IDW интерполяции (метод обратных взвешенных расстояний). Как уже упоминалось выше, для формирования ЦМР наиболее подходящим из перечисленных методов интерполяции является TIN интерполяция.

Построить тематическую поверхность в программном продукте MapInfo можно по следующему алгоритму: - первым делом необходимо в активном окне карты открыть слой, содержащий атрибутивные данные о рельефе на рассматриваемой территории. В рамках курсового проекта это слой «Рельеф», являющийся результатом оцифровки горизонталей топографической карты. Команда для выполнения этой операции приведена выше по тексту данных методических указаний; - далее необходимо выполнить команду Карта → Создать тематическую карту. В появившемся окне необходимо выбрать тип Поверхность и метод интерполяции – TIN-поверхность; - нажав кнопку Далее, появляется следующее окно, в котором необходимо выбрать параметр, по которому требуется построить поверхность (в рамках курсового проекта это будет абсолютная отметка – Н), и таблицу для отсечения данных. Таблица для отсечения данных – это таблица, описывающая область, в которой будет производиться интерполяция, в том случае, если интерполяцию не нужно проводить на всей плоскости исходного растра. При формировании цифровой модели рельефа интерполяцию требуется проводить на всей территории исходного растра, поэтому при выполнении курсового проекта таблицу для отсечения данных выбирать не требуется; - в следующем окне, собственно, и происходит настройка параметров интерполяции и вида поверхности. Основным параметром здесь является размер ячеек, для получения приемлемого результата необходимо выбрать минимальный размер ячеек. Время построения поверхности на более мелкой сетке, естественно, увеличится, но зато результат интерполяции получится более точным. Кроме размера ячеек в данном окне необходимо задать цветовую схему (в зависимости от параметра, по которому строится поверхность), внешний вид легенды и другие параметры визуализации поверхности. В рамках курсового проекта необходимо выбрать цветовую схему от зеленого (минимальная абсолютная отметка) к коричневому (максимальная абсолютная отметка), остальные параметры выбираются студентом самостоятельно; - нажав кнопку Далее в активной карте появляется новый слой с тематической поверхностью, характеризующей изменение абсолютной отметки на территории исходной топографической основы. Примерный внешний вид тематической поверхности, построенной по абсолютной отметке, представлен на рисунке 10;

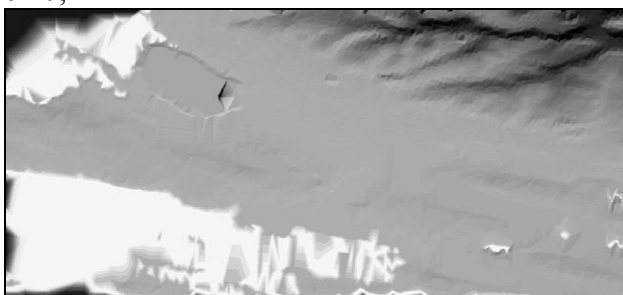


Рисунок 10. Примерный вид полученной тематической поверхности

- чтобы построить ЦМР необходимо выполнить команду Карта → Создать 3-D карту. В появившемся окне ничего менять не надо, достаточно нажать кнопку ОК. В отдельном окне появится полученная ЦМР. Построенную модель можно вращать в любой плоскости, чтобы представить её в том режиме, в котором она наиболее информативна, можно сохранить в виде картинки, однако её нельзя открыть отдельным слоем в активной карте. Примерный внешний вид ЦМР представлен на рисунке 11.

ЦМР важны для решения целого ряда прикладных экологических задач, в частности для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, например наводнений или оползней. По результатам анализа ЦМР средствами ГИС получают карты углов наклона (уклонов) местности и экспозиций склонов, формируют продольные и поперечные профили по заданному направлению, выполняют оценку зон видимости с намеченных точек обзора.

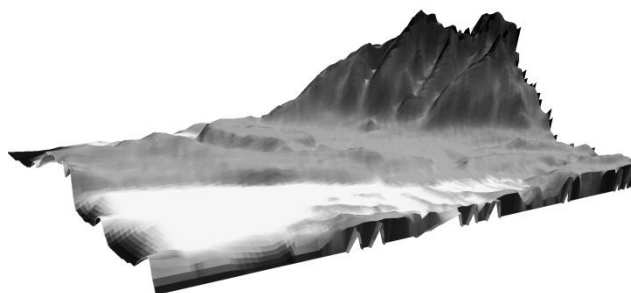


Рисунок 11. Примерный вид полученной ЦМР

Разработка ситуационной экологической карты. Следующим этапом выполнения курсового проекта является построение ситуационной экологической карты на основании исходных данных, предоставленным руководителем курсового проекта в соответствии с вариантом. Исходные данные представляют собой таблицу формата Microsoft Excel, в которой содержится массив точек с их координатами и значением коэффициента контрастности по основному загрязняющему веществу в атмосферном воздухе (в соответствии со спецификой предприятия).

Построить ситуационную экологическую карту по исходным данным можно по следующему алгоритму:

- для загрузки исходных данных в интерфейс программы MapInfo необходимо проделать команду Файл → Открыть. В появившемся окне выбираем тип файла Microsoft Excel, после чего открываем исходный файл;

- в появившемся окне необходимо поставить галочку в ячейке «Задать заголовки из ячеек, находящихся над выбранным диапазоном», в противном случае, заголовки отразятся как первая строка таблицы, и работа с такой таблицей в MapInfo будет невозможна. Диапазон, в котором находятся требуемые данные, выбирается автоматически, поэтому здесь ничего менять не надо;

- следующее окно – форма редактирования названия и типа данных в колонках таблицы. Здесь студент самостоятельно задает необходимый тип данных в соответствии с их описанием, приведенном на странице 10 настоящих методических указаний. Заголовок колонки задается из исходной таблицы Microsoft Excel, но при желании его можно поменять на произвольный;

- после выполнения всех операций, в окне появляется таблица MapInfo, однако на данном этапе массив точек, описанный в таблице, не нанесен на карту. Чтобы нанести данный массив точек на карту, необходимо выполнить команду Таблица → Создать точечные объекты;

- в появившемся окне необходимо выбрать таблицу, из которой будут заимствоваться данные для построения точечных объектов, символ отображения точечного объекта на карте, а также колонки, из которых будут приниматься долгота и широта. Долгота будет описываться координатой X, а широта – Y. Кроме этого очень важно задать проекцию расположения точечных объектов в пространстве. Координаты точек в исходной таблице заданы в той же проекции, в которой осуществлялась геопривязка исходного растра. Таким образом, необходимо во вкладке Проекция выбрать проекцию Гаусса-Крюгера (Пулково 1942) и номер 6-и градусной зоны. Как определяется номер зоны подробно описано на странице 8 настоящих методических указаний;

- после того, как все точки нанесены на карту, необходимо построить

тематическую поверхность по значению коэффициента контрастности в каждой точке. Алгоритм построения тематической поверхности приведен на странице 18. При построении ситуационной экологической карты необходимо в параметрах тематического слоя задать прозрачность слоя $\approx 50\%$ (в зависимости от яркости исходного растра) для того, чтобы через полупрозрачный тематический слой был виден исходный растр. Примерный внешний вид тематической поверхности, построенной по значению коэффициента контрастности, представлен на рисунке 12.

После того, как построена ситуационная экологическая карта, студентам необходимо построить итоговую картографическую модель, которая отражает экологическую ситуацию на рассматриваемой территории с учетом рельефа местности. Для этого во вкладке Управление слоями необходимо сделать невидимыми все слои, кроме исходного растра и ситуационной экологической карты, при этом экологическая карта в иерархии слоев должна располагаться выше, чем исходный растр.

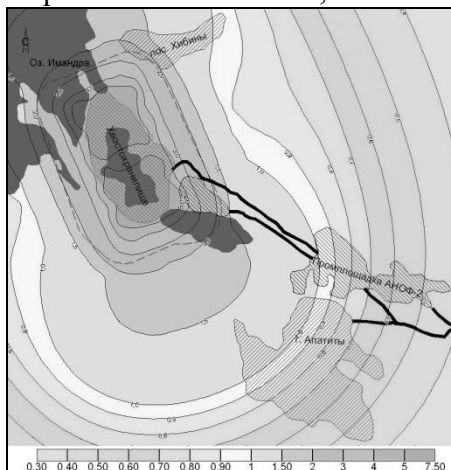


Рисунок 12. Примерный вид полученной тематической поверхности

Далее по уже известному алгоритму строится ЦМР, при этом поверхность ЦМР будет представлена ситуационной экологической картой. Примерный внешний вид полученной картографической модели, отражающей экологическую ситуацию на рассматриваемой территории, представлен на рисунке 13.

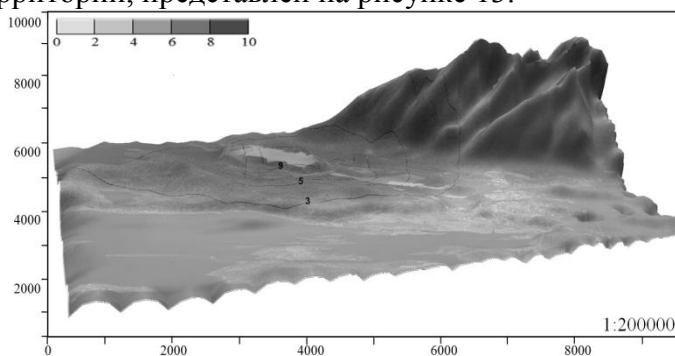


Рисунок 13. Примерный вид итоговой картографической модели

Полученная картографическая модель наиболее точно описывает экологическую обстановку на рассматриваемой территории и достоверно отражает закономерности распространения атмосферного ореола загрязнения с учетом рельефа местности, розы ветров и технической защищенности производственного объекта. На основании полученной картографической модели может осуществляться прогнозирование миграции загрязняющего компонента в атмосферном воздухе, моделирование литохимического ореола распространения рассматриваемого загрязняющего компонента, а также принятие решений по ликвидации или минимизации существующего на территории загрязнения, например в рамках системы управления экологической безопасностью.

Практическое занятие №2. «Роль биологического мониторинга в оценке качества окружающей среды» (2 часа)

Цель работы: ознакомиться с методами биоиндикации на примере оценки состояния водных экосистем, проводя анализ причин нарушения их устойчивости природными и антропогенными факторами.

Материалы и оборудование.

Персональные компьютеры с установленным программным обеспечением Microsoft Office 2010.

Ход работы:

1. Используя предложенные таблицы с результатами разбора гидробиологических проб определите значения индекса Майера и индекса Вудивисса.
2. Сделайте выводы о состоянии водного объекта.

Общие сведения.

Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в водоеме организмов, принадлежащих к «индикаторным» группам. При повышении степени загрязненности водоема представители этих групп исчезают из него примерно в том порядке, в каком они приведены в табл. 1.

Индекс используется только для исследования рек умеренного пояса и дает оценку их состояния по 10-балльной шкале. Методика непригодна для оценки состояния озер и прудов. Для оценки состояния водоема по методу Вудивисса нужно:

1. Выяснить, какие индикаторные группы имеются в исследуемом водоеме. Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению индикаторных групп: веснянок, затем поденок, ручейников и т. д. – именно в таком порядке индикаторные группы расположены в табл. 11. Если в исследуемом водоеме имеются личинки веснянок (*Plecoptera*) – самые «чуткие» организмы, то дальнейшая работа ведется по первой или второй строке таблицы. По первой – если найдено несколько видов веснянок, и по второй – если найден только один. Если нимф веснянок в наших пробах нет – ищем в них личинок поденок (*Ephemeroptera*) – это следующая по чувствительности индикаторная группа. Если они найдены, работаем с третьей или четвертой строкой таблицы (опять же по количеству найденных видов). При отсутствии нимф поденок обращаем внимание на наличие личинок ручейников (*Trichoptera*), и т. д.

2. Оценить общее разнообразие бентосных организмов. Методика Вудивисса не требует определить всех пойманных животных с точностью до вида. Достаточно определить количество обнаруженных в пробах «групп» бентосных организмов. За «группу» принимается:

- любой вид плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей;
- любой вид веснянок, жуков, любой вид личинок других летающих насекомых;
- класс малощетинковые черви;
- любой род поденок, кроме *Baetis rhodani*;
- любое семейство ручейников;
- семейство комаров-звонцов (личинки), кроме вида *Chironomus sp.*;
- *Chironomus sp.*;
- личинки мошки (семейство *Simuliidae*).

Определив количество обнаруженных в пробе групп, находим соответствующий столбец табл. 1.

Таблица 1 Рабочая шкала для определения биотического индекса по наличию группы Вудивисса

Показательные организмы	Видовое разнообразие	Число групп Вудивисса в пробе				
		0-1	2-5	6-10	11-16	16 и более
Личинки <i>Plecoptera</i> (веснянки)	Больше одного вида	—	7	8	9	10
	Только один вид	—	6	7	8	9
Личинки <i>Ephemeroptera</i> (поленки)	Больше одного вида*	—	6	7	8	9
	Только один вид*	—	5	6	7	8
Личинки <i>Trichoptera</i> (ручейники)	Больше одного вида**	—	5	6	7	8
	Только один вид**	—	4	5	6	7
<i>Gammarus</i> (бокоплав)	Все вышеназванные организмы отсутствуют	3	4	5	6	7
<i>Asellus aquaticus</i> (водяной ослик)	То же	2	3	4	5	6
<i>Tubificidae</i> (трубочник) и личинки <i>Chironomus</i> (мотыль)	То же	1	2	3	4	—
Все вышеназванные группы отсутствуют	Могут присутствовать некоторые нетребовательные к кислороду виды	0	1	2	—	—

* Исключая *Baetis rhodani*. ** Включая *Baetis rhodani*.

Рабочая шкала для определения биотического индекса представлена в таблице. При работе со шкалой следует:

1. Двигаясь сверху вниз найти показательный (индикаторный) таксон в первой графе шкалы по присутствию этого таксона в пробе;
2. Определить наличие в пробе одного или большего числа видов или индикаторного таксона, относящегося к веснянкам, поленкам или ручейникам, и отыскать соответствующую строку в графе “Видовое разнообразие”;
3. Определить число групп Вудивисса в пробе;
4. Найти балл биотического индекса в точке пересечения найденной строки видового разнообразия с графой числа групп, соответствующего пробе.

Индекс Майера — наиболее простая методика биоиндикации, при которой не нужно определять беспозвоночных с точностью до вида. Методика годится для любых типов водоемов. В ней используется принцип приуроченности различных групп водных беспозвоночных к водоемам с определенным уровнем загрязненности. Организмы — индикаторы отнесены к одной из трех групп:

Группа 1: обитатели чистых вод (личинки веснянок, поленок, ручейников, вислокрылых; двустворчатые моллюски);

Группа 2: организмы средней чувствительности (бокоплавы; ракообразные; личинки стрекоз и комаров; моллюски-катушки);

Группа 3: обитатели загрязненных водоемов (пиявки; водяной ослик; прудовики; личинки мошки; малощетинковые черви).

Нужно отметить, какие из приведенных в таблице 2 индикаторных таксонов обнаружены в пробах. Количество обнаруженных таксонов из первого раздела таблицы необходимо умножить на 3, количество таксонов из второго раздела — на 2, из третьего — на 1. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы характеризуют степень загрязненности водоема. Если сумма более 22 — водоем имеет 1 класс качества, значения суммы от 17 до 21 говорят о 2 классе качества. От 11 до 16 баллов — 3 класс качества. Все значения меньше 11 характеризуют водоем как грязный (4-7 класс качества).

Таблица 2. Рабочая шкала для определения индекса Майера

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
личинки веснянок личинки поденок личинки ручейников личинки вислокрылок двустворчатые моллюски	бокоплав речной рак личинки стрекоз личинки комаров-долгоножек моллюски-катушки моллюски-живородки	личинки комаров-звонцов пиявки водяной ослик прудовики личинки мошки малоцетинковые черви

Практическое занятие №3. «Подготовка проб и типовой рентгенофазовый анализ» (4 часа)

Метод основан на измерении углового рассеивания монохроматического рентгеновского луча от плоской поликристаллической поверхности образца. Определяется угол и интенсивность рентгеновского излучения в диапазоне 10-120 градусов. Типичная длина волны исходного излучения: $\lambda = 1.54$ или 1.93 ангстрема (медный и железный аноды соответственно). Проба готовится в виде спрессованной таблетки размером 1-3 см и размещается на пути следования луча. Рассеивание происходит неравномерно. Углам с максимальной интенсивностью рассеивания отвечают такие, для которых выполняется уравнение Вульфа-Брегга:

$$2d\sin(\theta) = \lambda$$

Где d – одно из межплоскостных расстояний в кристаллах образца.

θ – угол падения первичного рентгеновского луча и равный ему угол рассеянного луча.

Практически любая кристаллическая плоскость при некоторых играет роль зеркала, которое отражает рентгеновский луч по принципу «угол падения равен углу отражения». Набор таких отражений является специфической характеристикой каждого кристалла.

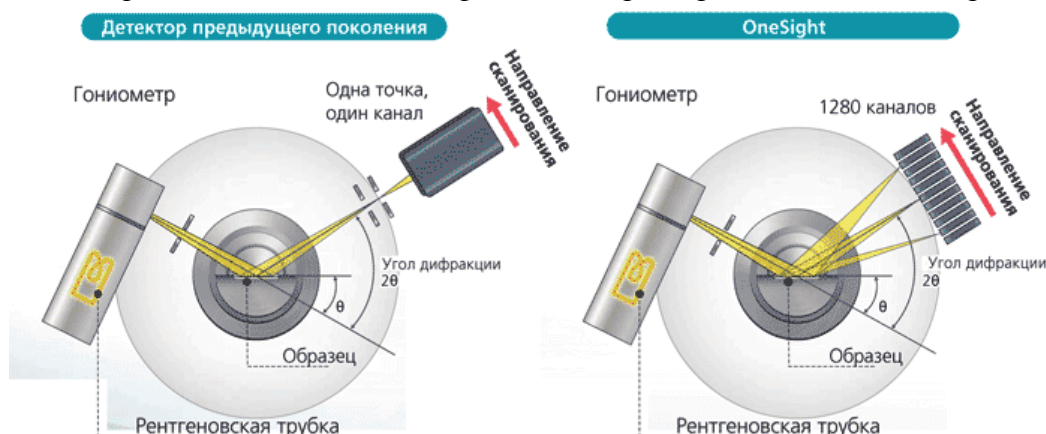


Рисунок 1. Схематическое изображение работы рентгеновского дифрактометра.

Краткое описание объекта анализа:

В качестве объекта анализа можно взять двух или трех фазную горную породу (гранит, медная руда и т.п., или неорганические композиты (цемент, смеси солей). Предварительно нужно установить элементный химический состав смеси любым приемлемым методом. Наиболее часто для этого используют метод рентгеновской флуоресценции.

Оборудование и реактивы

1. Работа выполняется на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu).
2. Ручной пресс для изготовления таблетки с плоской поверхностью образца.

Подготовка пробы для анализа :

Навеску образца массой 0.1-0.3 г запрессовывают в матрицу из целлюлозы таким образом, чтобы получилось плоское пятно размером 1-1.5 см из материала образца. Работа с прессом под наблюдением преподавателя.

Образец закрепляют в держателе гониометра горизонтально в соответствии с инструкцией к прибору.

Рентгеновское излучение представляет серьезную опасность для здоровья человека. Поэтому все манипуляции с образцом в приборе совершаются при выключенной рентгеновской трубке. Современные приборы имеют автоматическое запорное устройство, которое предотвращает доступ к облучаемой области при работающей трубке. Не пытайтесь открыть дверцу прибора при работающей трубке. Это приведет к поломке дверцы или облучению.

Выполнение работы:

За 1 час до начала измерений дифрактометр должен быть включен и переведен в режим прогрева рентгеновской трубки. Эти операции выполняются квалифицированным специалистом или обучающимся под контролем квалифицированного специалиста. Перед началом анализа обучающийся должен убедиться в отсутствии предупреждений от системы автоматического контроля состояния прибора. Под контролем специалиста обучающийся формирует метод анализа (то есть скорость и шаг сканирования угла рассеивания, задает диапазон углов сканирования, силу тока и напряжение на рентгеновской трубке, размеры щелей), и вместе с названием пробы загружает данные в управляющую программу. Затем трубка выключается и производят установку образца в держатель.

Типичные условия съемки дифрактограмм для выполнения данной работы представлены ниже:

Напряжение на трубке – 40 кВ

Сила тока – 30 мА

Шаг изменения угла рассеивания – 0.02о

Скорость сканирования – 2о/мин

Диапазон углов рассеивания -10-90о

Внимание! При выполнении анализа необходимо следить за звуковой, световой и графической индикацией прибора и управляющей программы. Как правило, возникновение неисправности сопровождается загоранием красной лампочки на всех типах приборов (панель индикаторов состояния прибора). В этом случае нужно немедленно позвать специалиста.

Практическое занятие №4. «Обработка результатов измерений рентгенофазового анализа. Работа с базой данных ASTM» (4 часа)

Типичная дифрактограмма от поликристаллического многофазного образца имеет вид, представленный на рисунке 1.

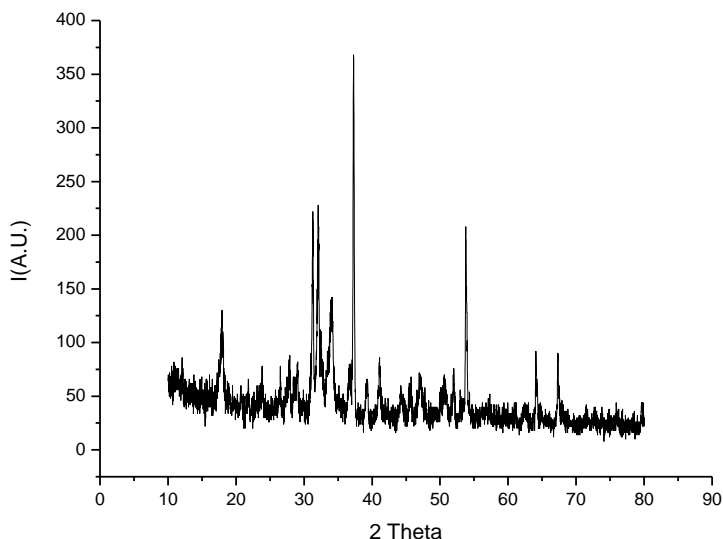


Рисунок 1 Дифрактограмма спека карбоната кальция и нефелина (из коллекции ЦКП)

Первичная обработка дифрактограммы заключается в разметке пиков и вычислении их положений (углов) отвечающим максимумам пиков. В число последних обязательно входят: максимальная ширина и минимальная высота пика. Чем уже пик, тем крупнее кристалл, имеющий соответствующее межплоскостное расстояние. Чем выше пик, тем больше таких кристаллов в образце. После этого программа автоматически размечает все пики, удовлетворяющие введенным параметрам.

Типичный вид дифрактограммы после разметки представлен на рис. 3

После разметки обучаемый открывает опцию «search» и пунктах “Major atom” и “Absent atom” указывает соответственно основные и заведомо отсутствующие химические элементы образца.

Затем проводится автоматический поиск фаз с измеренными межплоскостными расстояниями по базе данных ASTM.

Типичные результаты представлены ниже

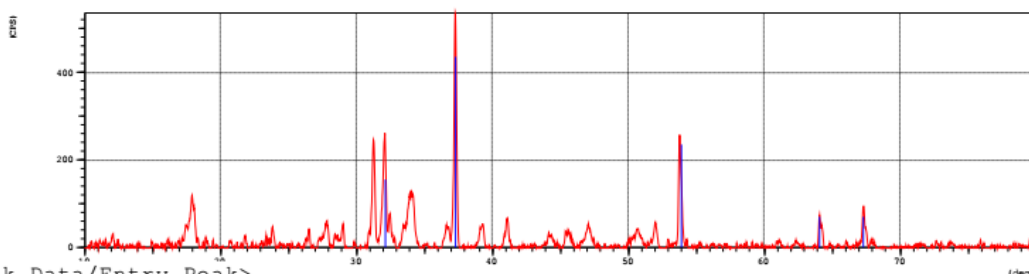
<Entry Card>

No.	Card	Chemical Formula	S	L	d	I	R
		Chemical Name (Mineral Name)		Dx	WT%	S.G.	
1	37-1497	CaO Calcium Oxide (Lime, syn)	1.000	1.000 (6/13)	0.865	-----	0.865
2	33-0302	Ca ₂ SiO ₄ Calcium Silicate (Larnite, syn)	0.481	0.404 (23/57)	0.760	-----	0.613
3	35-0755	Ca ₂ Al ₂ SiO ₇ Calcium Aluminum Silicate (Gehlenite, syn)	0.570	0.311 (19/73)	0.715	-----	0.445
4	4-0733	Ca(OH) ₂ Calcium Hydroxide (Portlandite, syn)	0.226	0.286 (4/28)	0.700	-----	0.200

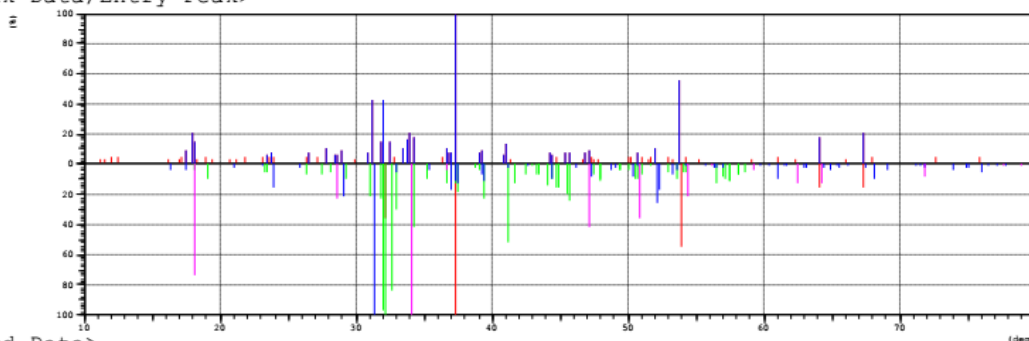
<Unknown Data>

Group Name : kurt
 Data Name : spec-1250-2c
 File Name : spec-1250-2c.PSE
 Sample Name :
 Comment : g
 Date & Time : 06-17-19 12:44:26

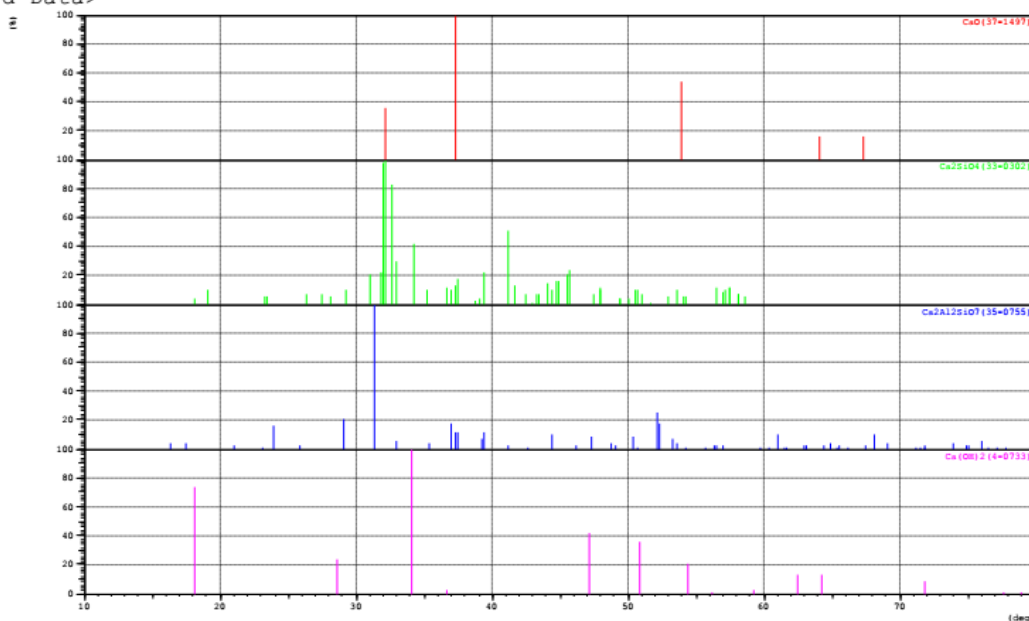
<Raw Data>



<Peak Data/Entry Peak>



<Card Data>



По результатам идентификации составляется протокол.

Содержание протокола лабораторной работы

1. Наименование объекта анализа.
2. метод анализа.

3. распечатка дифрактограммы и таблицы пиков выделенного
4. Таблица идентифицированных фаз.

№ п/п	<i>Вещество</i>	1-3 основных межплоскостных расстояний. А	Химическая формула
1			
2			
3			

Содержание отчета по лабораторной работе

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Ход эксперимента.
4. Экспериментальные данные (см. протокол к лабораторной работе).
5. Обработка экспериментальных данных.
6. Вывод.

Приложение 2
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Современные методы экологического мониторинга»

Учебно-методические материалы

Приложение 2.3

Методические указания к лабораторным занятиям

**Лабораторная работа №1. «Микроскопическое определение видов»
(4 часа)**

Ознакомление с устройством микроскопа и овладение приемами пользования.
Материалы и оборудование. Микроскопы: БИОМЕД-4, увеличительные стекла, фиксированные образцы проб бентоса, чашки Петри, пинцеты, предметные и покровные стекла, определительные таблицы, полевой определитель пресноводных беспозвоночных.

Микроскоп – это оптический прибор, позволяющий получить обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности глаза.

Что такое разрешающая способность?

Представьте себе, что невооруженным глазом человек может различить две очень близко лежащие линии или точки лишь в том случае, если расстояние между ними будет не менее 0,10 мм (100 мкм). Если же это расстояние будет меньше, то две линии или точки сольются в одну. Таким образом, разрешающая способность человеческого глаза равна 100 мкм. Поэтому, чем больше разрешающая способность объектива, тем больше подробностей строения наблюдаемого объекта можно выявить. Для объектива (x8) разрешающая способность равна 1,68 мкм, для объектива (x40) – 0,52 мкм.

Лучший световой микроскоп примерно в 500 раз улучшает возможность человеческого глаза, т. е. его разрешающая способность составляет около 0,2 мкм или 200 нм.

Разрешающая способность и увеличение не одно и то же. Если с помощью светового микроскопа получить фотографии двух линий, расположенных на расстоянии менее 0,2 мкм, то, как бы не увеличивать изображение, линии будут сливаться в одну. Можно получить большое увеличение, но не улучшить его разрешение.

Различают полезное и бесполезное увеличения. Под полезным понимают такое увеличение наблюдаемого объекта, при котором можно выявить новые детали его строения. Бесполезное - это увеличение, при котором, увеличивая объект в сотни и более раз, нельзя обнаружить новых деталей строения. Например, если изображение, полученное с помощью микроскопа (полезное!), увеличить еще во много раз, спроецировав его на экран, то новые, более тонкие детали строения при этом не выявятся, а лишь соответственно увеличатся размеры имеющихся структур.

В учебных лабораториях обычно используют световые микроскопы, на которых микропрепараты рассматриваются с использованием естественного или искусственного света. Наиболее распространены световые биологические микроскопы: БИОЛАМ, МИКМЕД, МБР (микроскоп биологический рабочий), МБИ (микроскоп биологический исследовательский) и МБС (микроскоп биологический стереоскопический). Они дают

увеличение в пределах от 56 до 1350 раз. Стереомикроскоп (МБС) обеспечивает подлинно объемное восприятие микрообъекта и увеличивает от 3,5 до 88 раз.

В микроскопе выделяют две системы: оптическую и механическую (рис.1). К оптической системе относят объективы, окуляры и осветительное устройство (конденсор с диафрагмой и светофильтром, зеркало или электроосветитель).



Рисунок 1. Внешний вид микроскопов Биомед 1 и Биомед 2

Объектив – одна из важнейших частей микроскопа, поскольку он определяет полезное увеличение объекта. Объектив состоит из металлического цилиндра с смонтированными в него линзами, число которых может быть различным. Увеличение объектива обозначено на нем цифрами. В учебных целях используют обычно объективы $\times 8$ и $\times 40$. Качество объектива определяет его разрешающая способность.

Объектив требует очень бережного обращения, особенно это касается объективов с большим увеличением, т.к. у них рабочее расстояние, т.е. расстояние от покровного стекла до фронтальной линзы, измеряется десятными долями миллиметра. Например, рабочее расстояние для объектива ($\times 40$) составляет 0,6 мм.

Окуляр устроен намного проще объектива. Он состоит из 2-3 линз, смонтированных в металлический цилиндр. Между линзами расположена постоянная диафрагма, определяющая границы поля зрения. Нижняя линза фокусирует изображение объекта, построенное объективом в плоскости диафрагмы, а верхняя служит непосредственно для наблюдения. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами: $\times 7$, $\times 10$, $\times 15$. Окуляры не выявляют новых деталей строения, и в этом отношении их увеличение бесполезно. Таким образом, окуляр, подобно лупе, дает прямое, мнимое, увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенное объективом.

Для определения общего увеличения микроскопа следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра. Например, если окуляр дает 10-кратное увеличение, а объектив — 20-кратное, то общее увеличение $10 \times 20 = 200$ раз.

Осветительное устройство состоит из зеркала или электроосветителя, конденсора с ирисовой диафрагмой и светофильтром, расположенных под предметным столиком. Они предназначены для освещения объекта пучком света.

Зеркало служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика на объект. Оно имеет две поверхности: плоскую и вогнутую. В лабораториях с рассеянным светом используют вогнутое зеркало.

Электроосветитель устанавливается под конденсором в гнездо подставки.

Конденсор состоит из 2-3 линз, вставленных в металлический цилиндр. При подъеме или опускании его с помощью специального винта соответственно конденсируется или рассеивается свет, падающий от зеркала на объект.

Ирисовая диафрагма расположена между зеркалом и конденсором. Она служит для изменения диаметра светового потока, направляемого зеркалом через конденсор на объект, в соответствии с диаметром фронтальной линзы объектива и состоит из тонких металлических пластинок. С помощью рычажка их можно то соединить, полностью закрывая нижнюю линзу конденсора, то развести, увеличивая поток света.

Кольцо с матовым стеклом или светофильтром уменьшает освещенность объекта. Оно расположено под диафрагмой и передвигается в горизонтальной плоскости.

Механическая система микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометрическим механизмом и микрометрическим винтом, тубуса, тубусодержателя, винта грубой наводки, кронштейна конденсора, винта перемещения конденсора, револьвера, предметного столика.

Работа с определителем. Определение организма – представителя пробы макрозообентоса. Бентос (от греч. benthos — глубина) – совокупность животных и растений, обитающих на дне или связанных с дном; многие из этих организмов проходят планктонную стадию развития, способствующую их расселению. По преобладающим размерам составляющих бентос организмов его разделяют на микробентос (бактерии, простейшие, донные диатомовые водоросли и др.), мейобентос (мелкие черви, рачки и др. организмы с длиной тела обычно не более 2 мм) и макробентос (донные организмы крупнее 2 мм). Различают фитобентос — водоросли и морские травы, которые заселяют лишь освещенные части шельфа, и зообентос — донных животных, заселяющих дно океана вплоть до ультраабиссальных глубин. Организмы зообентоса могут обитать на слоевищах растений, на поверхности грунта (эпифауна), зарываться в относительно мягкий грунт (инфауна) или вбуравливаться в непрочные скальные породы (эндолитофауна); они различаются степенью подвижности (от прикрепленных форм до активно ползающих).

Зообентос служит хорошим, а в ряде случаев единственным биоиндикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды. Макрозообентос является основой многих систем биоиндикации: эколого-зонального метода Института гидробиологии, биотических очков Чендлера, биотических баллов, расширенного биотического индекса, биотического индекса р.Трент.

Задание 1. Рассмотреть предложенный образец через увеличительное стекло и, при необходимости, с использованием микроскопа. Используя определительные таблицы (Приложение) и полевой определитель, определить систематическую принадлежность найденного образца до наименьшего из возможных таксона.

Задание 2. Используя литературу и интернет-ресурсы, описать строение и образ жизни найденных образцов.

Приложение 2
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Современные методы экологического мониторинга»

Учебно-методические материалы

Приложение 2.4

Методические указания к мастер-классам

Мастер-класс «Дроны в экологическом мониторинге»

Подключение БВС

Дополнительные сведения о модемах

Соединение с БВС происходит по радиосвязи. Для передачи команд на автопилот и получения с автопилота данных телеметрии и паспортов снимков в Комплексе Геоскан используется КРЛ, реализованная с помощью двух приемопередатчиков (модемов): бортового и наземного. Наземный модем подключается к порту USB ноутбука, на который установлена программа Geoscan Planner. Программа MdmDisp выполняет поиск бортовых модемов в радиусе действия и в процессе работы периодически сканирует эфир. Время обнаружения видимого бортового модема составляет не более 30 секунд. В правом нижнем углу экрана отображается индикатор работы MdmDisp и количество подключенных бортов.

Для того, чтобы принудительно переподключить наземный модем, вы можете вызвать контекстное меню индикатора MdmDisp и выбрать пункт Переподключить

Если программа по какой-либо причине не запустилась после старта системы или «зависла», запустите ее вручную. Стандартное расположение программы: C:/GeoScan/MdmDisp/MdmDisp.exe

В функции программы NetTopology входит получение данных о текущем состоянии командной радиолинии от MdmDisp и их отображение в интерфейсе пользователя, а также формирование команд для настройки наземного и бортового модема и передача их в MdmDisp.

Стандартное расположение программы: C:/GeoScan/MdmDisp/NetTopology/NetTopology.exe Программа NetTopology позволяет оператору получать информацию о ведущем и всех ведомых модемах, которые были найдены, а также производить настройку параметров модемов. Всю информацию о модемах NetTopology получает от сервера MdmDisp. Если Вы используете один комплекс и при подключении не возникает проблем, то работа с NetTopology не требуется.

При успешном подключении NetTopology к MdmDisp в заголовке окна будет отображена надпись «подключен к серверу», в противном случае проверьте, запущен ли MdmDisp. Во вкладке Устройства отображается список модемов, которые были обнаружены сервером. Зеленая галочка указывает на наличие связи с модемом. В случае если модем был обнаружен, но затем связь с ним прервалась, галочка сменится красным крестиком.

На панели инструментов доступны 3 кнопки: Поиск новых устройств, добавить устройство и удалить устройство. Первая кнопка служит для принудительного поиска модемов в радиусе действия (фиксируемая, поэтому ее необходимо повторно нажать для

прекращения поиска). Вторая кнопка служит для добавления найденных модемов в свою сеть, третья – для удаления ненужных ранее добавленных устройств.

Все ранее обнаруженные модемы будут доступны для подключения к мастер модему каждый раз при запуске MdmDisp (сервер сохраняет список всех ранее подключенных модемов). Таким образом, если нужно подключиться к борту, с которым ранее уже работали, нет необходимости нажимать кнопку поиска для добавления модема. В стандартной комплектации Комплекса Геоскан дополнительная настройка модемов и обслуживающих их программ не требуется. Для изменения частотного канала телеметрической линии подключите комплекс к НСУ, откройте NetTopology, перейдите на вкладку Настройки и задайте необходимый канал. Сначала изменяется частота бортового модема, затем наземного

Все логи использования программы MdmDisp сохраняются автоматически в рабочую папку программы. Доступ осуществляется через проводник Windows по запросу %appdata%. Стандартный вид адреса папки – C : \Users\user_name\AppData\Roaming\MdmDisp

Для подключения БВС выберите выпадающее меню Полет > Подключить БВС > Поиск.

В появившемся окне Подключение БВС выберите тип подключения и БВС и нажмите ОК.

После успешного подключения при следующих полетах программа будет подключаться к этому же БВС автоматически с помощью кнопки Подключить БВС.

При подключении БВС ГНСС-приемник, установленный на борту, определит свои координаты. При этом на карте появится условный знак БВС. Карта однократно приблизится к этому месту.

Кроме того, при подключении БВС появляется панель телеметрии (слева) и панель приборов (справа).

Панель телеметрии. Панель телеметрии отображается в левой части экрана и не может быть скрыта или перемещена. На панель телеметрии автоматически выводятся данные автопилота и показания датчиков.

В ходе полета оператор наблюдает за численными значениями превышения, скорости полета и заряда батареи. Если эти величины не соответствуют норме, оператор принимает решение о досрочном завершении полета.

При пропадании связи по КРЛ панель телеметрии подсвечивается красным цветом. Показания цифрового вольтметра продублированы графическим индикатором батареи в правом верхнем углу панели.

Расстояние от НСУ до БВС измеряется по радиомодемам, измерение включается автоматически при подключении к БВС. Если измерение не включилось или перестало работать (значение 0 на панели телеметрии или значение не меняется), необходимо перевключить вручную через выпадающее меню Полет > Служебные команды > Настроить измерение дальности.

Панель приборов. В верхней части панели приборов находится компас, ниже индикатор курса и индикатор авиагоризонта. В процессе полета значения курса, крена и тангажа будут меняться.

Для настройки отображения индикаторов выберите Настройки > Параметры > Интерфейс > Отображение индикаторов.

Спроектировав полетное задание, запустите мастер предстартовой подготовки.

Следуйте указаниям мастера предстартовой подготовки (большинство проверок выполняются автоматически).

Все проверки можно пройти ЗАНОВО, воспользовавшись кнопкой повторить на этапе необходимой проверки

В процессе будут показаны следующие диалоговые окна: · Предварительная проверка. На данном этапе происходит запуск автопилота и его первичная проверка

Навигационный ГНСС приемник. На данном этапе происходит проверка сигналов навигационных спутников;

Инерциальная система. На данном этапе проверяется инерциальная система (гироскоп)

Магнитометр. На данном этапе происходит проверка магнитометра

Настройка параметров. На данном этапе происходит настройка времени автономного полета (времени, в течение которого осуществляется полет независимо от наличия связи между НСУ и БВС) и высоты возврата.

Загрузка полетного задания. На данном этапе происходит отправка полетного задания на автопилот и его сверка;

Проверка полезной нагрузки. На данном этапе происходит проверка на работоспособность используемой полезной нагрузки в зависимости от комплектации: – Фотоаппарат. Происходит проверка работоспособности фотоаппарата и прихода автоматических паспортов сделанной фотографии.

Видеокамера. Происходит проверка работоспособности видеокамеры и джойстика для управления видеокамерой.

Состояние БВС. Крайняя проверка позволяет перейти к запуску БВС.

Полет

Запуск и отмена запуска

После прохождения предстартовой подготовки щелкните по кнопке Старт.

Убедитесь, что ничего не мешает вращению лопастей и подтвердите запуск двигателей. Подтверждение Запуска двигателей

Автопилот проверит работу двигателей, в НСУ появится окно подтверждения взлета.

Подтверждение Старта

БВС выполняет полет в автоматическом режиме, однако это не освобождает оператора от обязанностей по наблюдению за процессом полета. Постоянно наличие связи по радиолинии является необходимым для успешного выполнения задания.

Корректировка полетного задания во время полета

Изменение траекторий полета по точкам, областей площадной и линейной аэрофотосъемки в полете возможно, но требует ручного подтверждения после внесения изменений в маршрут. Если требуется изменить маршрут во время полета, включите режим эксперта, нажмите отображение полетного задания (поставьте галочку напротив него), внесите необходимые изменения и отправьте их на загрузку, нажав кнопку изменить полетное задание.

Программа автоматически загрузит полетное задание на борт и проверит загрузку (при этом будет показан индикатор загрузки/синхронизации).

Также доступна функция идти на точку, позволяющая отправить БВС к выбранной точке построенного маршрута. Данная возможность открывается через контекстное меню необходимой точки.

При отправке коптера на точку движение будет осуществляться по кратчайшей траектории – по диагонали, т.е. не будет набора до необходимой высоты и дальнейшего движения к точке

Функция Возврат отправляет борт на текущей высоте к точке взлета. Достигнув стартовой точки по высоте, БВС выполняет посадку.

Посадка

Для выполнения немедленной посадки в текущей точке щелкните по кнопке на посадку.

Автоматическое замедление при посадке срабатывает по барометрической высоте, соответственно, не рекомендуется указывать точку посадки в месте, сильно отличающемся по рельефу от места взлета.

Полет по требованию

Полет по требованию позволяет отправить БВС на указанную точку на карте (с указанием высоты). По достижении указанной точки БВС начнет удержание данной точки, пока оператор не вмешается в выполнение полетного задания, либо пока не сработает автоматический возврат по отсечке батареи.

Для активации режима полета по требованию необходимо нажать на кнопку Полет по требованию на панели инструментов.

Следует указать точку на карте и задать высоту. По достижении точки БВС перейдет в удержание указанной точки.

Дистанционное управление

Комплекс спроектирован для работы в автоматическом режиме, тем не менее, оператор имеет возможность векторного (дистанционного) управления БВС.

Активация режима дистанционного управления возможна после прохождения предстартовой подготовки и взлета. Для включения режима дистанционного управления нажмите кнопку на панели инструментов. Если во время активации ручного режима БВС выполнял задание по площадной или линейной АФС, то после отключения ручного режима выполнение задания будет продолжено

С помощью первого комплекта стрелок (слева) в окне дистанционного управления осуществляется векторное управление по сторонам света, с помощью второго комплекта стрелок (справа) – управление курсом и высотой. Также все возможные варианты управления доступны с помощью клавиш: · W – коптер полетит прямо по курсу (вперед), · A — коптер полетит в направлении 90 градусов левее относительно своего курса (влево), · S — коптер полетит в обратную сторону относительно своего курса (назад), · D — коптер полетит в направлении 90 градусов правее относительно своего курса (вправо), · T — коптер начнет набор высоты (вверх), · G — коптер начнет снижение (вниз), · [– коптер будет изменять курс в левую сторону (вращение влево), ·] – коптер будет изменять курс в правую сторону (вращение вправо).

Действия после приземления

После выполнения полетного задания проследите за посадкой БВС. Не забудьте подать команду Остановка двигателей после приземления, если это не произошло автоматически.

Убедитесь, что с борта на наземную станцию получены паспорта фотографий (значения в поле ФОТО на панели телеметрии совпадают, например, «350/350»). Если количество не совпадает, воспользуйтесь командой Полёт> Служебные команды> Скачать паспорта фотографий. Полученные во время полета фотографии находятся на карте памяти фотоаппарата. Загрузите фотографии с фотоаппарата на борту БВС на ноутбук.

Для удобства рекомендуется создавать отдельную папку на каждый полет

Скачивание внутренних логов автопилота

Внутренний лог автопилота может понадобиться на этапе создания файла привязки для уточнения координат центров фотографирования. Также внутренний лог автопилота необходим при обращении в службу поддержки. Для скачивания внутреннего лога автопилота необходимо соединить БВС Геоскан 401 (без подключенной АКБ) с ноутбуком, на котором запущена программа GeoScan Planner, через COM-порт (USB). После чего в программе GeoScanPlanner выберите пункт меню Полет> Служебные команды> Скачать логи с АП.

Выберите COM-порт, к которому подключен БВС Геоскан 401.

Выберите необходимый лог (последнему включению будет соответствовать лог с наибольшим значением ID).

Укажите место для сохранения скачиваемого лога автопилота. Начнется загрузка выбранного лога автопилота, после чего появится сообщение о завершении процедуры. БВС можно отключать от ноутбука.

Запись данных аэрофотосъемки

На панели инструментов нажмите кнопку Файл привязки и выполните процедуру привязки согласно инструкциям.

Появится диалоговое окно с выбором паспортов фотографий.

Далее следует указать путь к фотографиям, скачанным с борта БВС, и определить границу между фотографиями, сделанными на земле и в воздухе.

Если съемка осуществлялась с участием высокоточного приемника, необходимо указать файл лога этого высокоточного приемника.

При наличии файла лога автопилота, укажите файл данных, который будет использоваться для уточнения координат центров фотографирования полученных фотографий.

Следующим шагом следует создать префикс для файлов снимков и привязки. Для этого необходимо указать номер полета в следующем окне и при желании изменить название места, которое берется автоматически из названия проекта, как и номер борта.

После выполнения привязки появится сообщение о результатах привязки с предложением открыть полученные данные.

Результатом работы является папка с фотографиями и файлом данных их привязки.

Конвертация данных высокоточного приемника в RINEX файлы по умолчанию осуществляется через стандартные программы для конвертации (jps2rin и tps2rin). При необходимости можно выбрать конвертацию через convbin. Выбор осуществляется в Настройки> Параметры. > Данные ГНСС.

Используйте эти данные для дальнейшей фотограмметрической обработки. Отображение центров фотографирования на карте позволяет наглядно расположить фотографии на треке полета. При двойном нажатии на значок фотографии фотография будет открыта в программе для просмотра изображений. Для того чтобы расположить фотографии на треке, выполните следующие действия: · выберите пункт меню Проект> Импортировать> Аэрофотоснимки; · в появившемся окне укажите путь к папке с фотографиями.

Мастер-класс (производственная экскурсия) «Особо-охраняемые природные территории»

Выездной мастер-класс проводит Нино Юрьевна Нацваладзе, начальник отдела развития системы особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. Государственный природный заповедник «Сестрорецкое болото» основан в 2017 г. Целью основания является сохранение и восстановление ценных природных комплексов Сестрорецкого болота (рис. 1) и озера Сестрорецкий Разлив, а также поддержание экологического баланса.

Функционирование заказника обеспечивает ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга». Патрулируется сотрудниками охранного предприятия, которые при обнаружении несоблюдения правил заказника имеют право пресекать данные нарушения и составлять протокол (выписывать штрафы).



Рисунок 1. Городская особо охраняемая природная территория «Сестрорецкое болото»

«Сестрорецкое болото» – самая крупная ООПТ в Санкт-Петербурге. Площадь составляет свыше 1877 га. В границах заказника располагается обширное верховое болото с низинными и переходными окраинами, не подвергавшееся осушению, и северная часть водохранилища Сестрорецкий Разлив. Экскурсовод акцентировала наше внимание на том, что мы наблюдали целую систему болот (то есть совокупность нескольких болот, сливающихся между собой). В данном случае, это 4 болота, образовавшихся на месте водоемов. Возраст болотной системы является предметом дискуссии ученых, однако по предварительным оценкам можно говорить о 6 тыс. лет и более.

Благодаря болотистой местности, эта территория осталась почти нетронутой. То есть здесь не распространено сельское хозяйство, что является серьезным фактором влияния на природу. Считается, что эта территория является одной из самых нетронутых,

первозданных в Санкт-Петербурге. Однако даже невооруженным взглядом заметно влияние человека на данную местность: истоптанный растительный покров, а также колеи на болоте из-за езды на квадроцикле.

В прошлом же самым масштабным вмешательством человека в экосистему заказника можно считать строительство водохранилища, устроенного при строительстве оружейного завода. Это привело к подтоплению южной части болота.

На данный момент около $\frac{3}{4}$ территории заказника занимают болота (торфяники), среди которых наиболее распространены верховые. На таких болотах встречаются как полностью безлесные участки, так и сомкнутые сосняки. В настоящее время происходит увеличение облесенности верхового болота, а в юго-восточной части торфяника происходит его спонтанное осушение.

В заказнике обитают многие виды позвоночных животных. Всего здесь можно встретить 5 видов амфибий, 3 – пресмыкающихся и 19 видов млекопитающих (представителей этого класса здесь немного, что объясняется преобладанием болотистых почв). Птицы – главное богатство заказника: их здесь насчитывается около 160 видов.

Из обитающих на болоте пресмыкающихся наиболее многочисленны живородящая ящерица и гадюка обыкновенная, считающаяся редким и уязвимым видом в Санкт-Петербурге.

Из птиц, обитающих в заказнике, один вид (скопа) включен в Красную книгу Международного союза охраны природы, а пять видов (европейская чернозобая гагара, евразийский подвид скопы, белоглазый нырок, большой кроншнеп и филин) занесены в Красную книгу Российской Федерации. 33 вида птиц, включая мигрантов — виды редкие в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Западный Котлин — государственный природный заказник регионального значения на острове Котлин, на территории Кронштадтского района Санкт-Петербурга. Образован постановлением правительства Санкт-Петербурга № 648 от 26 июня 2012 года. Занимает площадь 102 гектара на западной оконечности острова. Природными объектами на территории заказника (рис. 2), представляющими особую ценность, являются псаммофитные растительные сообщества на песчаных побережьях, береговые валы и черноольховые леса.



Рисунок 2. Экотропа на территории ООПТ

Здесь, как и в заказнике «Сестрорецкое болото», существует особая система пресечения нарушений правил поведения на территории заказника. Например, на прибрежной зоне оборудовано несколько зон с мангалами. Соответственно, приносить собственные мангалы и разводить огонь в других местах запрещено. В случае нарушения данного правила составляется протокол и выписывается штраф. Функционирование заказника обеспечивает ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга».

На небольшой территории заказника произрастает более 350 видов сосудистых растений – половина от всего разнообразия растительного мира острова Котлин и близлежащих фортов. Древесная растительность заказника сформирована разнообразными по составу черноольховыми и молодыми осиновыми лесами. На береговых валах – низких песчаных грядах вдоль берега – расположены разреженные ивняки из ивы пятичичиной, уникальные природные комплексы побережий острова, на восточных берегах Финского залива более нигде не встречающиеся.

«Западный Котлин» – это местообитание 96 видов птиц. Символом заказника является малая крачка. А кулик перевозчик, обитатель песчаных пляжей, изображен на эмблеме. Сформировавшиеся на этой территории тростниковые и камышовые сообщества имеют большое значение как место гнездования и массовых стоянок водоплавающих и околоводных птиц на Беломоро-Балтийском миграционном пути. Каждую весну и осень здесь останавливаются тысячи птиц, среди которых ряд редких и немногочисленных в нашем регионе видов: лебедь-кликун, серая утка, шилохвость, большой и средний крохали, галстучник, клуша, полярная и малая крачки. Сохранение этих мелководий – одного из немногих мест в окрестностях Санкт-Петербурга, где по сей день могут останавливаться перелетные птицы – является одной из важнейших задач заказника «Западный Котлин».

Стоит отметить, что на территории заказника расположены не только уникальные природные комплексы, но и объекты исторического значения (например, форт «Александр Шанец»). Кроме того, до сих пор сохранились насыпи железной дороги, некогда соединявшей город с фортами «Александр Шанец» и «Риф». Это формирует своеобразный рельеф данной территории: с одной стороны – высокие берега с валами, которые намывают волны, далее – понижение и две высокие насыпи (также с понижением между ними). Это приводит к тому, что во время сильных дождей вода надолго задерживается и не впитывается в почву. Постепенно на территории ООПТ формируются уникальные болотца.

Мастер-класс (производственная экскурсия) «Полигон захоронения твердых коммунальных отходов»

Выездной мастер-класс проводит зам. Директора по научной работе Дмитрий Михайлович Малюхин. Полигон ТКО «Новый Свет – Эко» расположен в Гатчинском районе Ленинградской области, в 40 км от КАД, однако он обеспечивает утилизацию отходов не только прилегающей территории, но и сопредельных районов, в том числе и Санкт-Петербурга, около 3 млн человек.

Данный полигон функционирует с 1999 года. На данный момент общая площадь предприятия составляет 43 га, мощность полигона – до 900 тыс. тонн отходов в год. В среднем в минуту на полигон поступает около 3 грузовых машин с отходами. Штат работников – 240 человек. Полигон принимает отходы III, IV классов опасности. Важно отметить, что в ближайшие годы полигон планируют закрыть ввиду значительного количества захороненных отходов (рис. 1).



Рисунок 1. Полигон захоронения твёрдых коммунальных отходов г. Санкт-Петербурга «Новый Свет Эко», Гатчинский район

Радиационный контроль на полигоне осуществляется круглосуточно и в автоматическом режиме. В программе САРК-БО-МУ фиксируются дата и время завоза отходов, фон, показания трех датчиков и диагноз. Если радиационный фон превышает норму, машина далее не пропускается.

Отсутствие возможности перерабатывать отдельные составляющие отходов приводит к ежегодной упущенной выгоде от переработки как минимум в 68 млрд рублей.

На полигоне «Новый Свет – Эко» около 30 % всех завозимых отходов сортируется, то есть подготавливается к отдельной утилизации/переработке. У данной организации имеются сложные технологии сортировки. Там работает современный комплекс на основе оптики и баллистики.

Важно, что постепенно на данном полигоне проводятся работы по рекультивации земель. После того, как какой-либо участок перестает эксплуатироваться, его накрывают техногрунтом, и через 5 лет на данной территории можно увидеть не только проросшие травы, но и небольшие кустарники и деревья. Главная задача техногрунта – формирование фитоценоза. На данном полигоне уже есть случаи, когда после первого года на техногрунте выростали культурные растения (рис. 2).



Рисунок 2. Культурные растения, произрастающие на полигоне ТКО «Новый Свет Эко», Гатчинский район

При проверке устанавливалось, что некоторые из них можно было использовать даже при производстве детского питания, однако другие могли содержать в себе опасные компоненты. Через два года сорные растения начинают преобладать. С каждым годом видовой состав усложняется.

Фильтрат, который образуется в результате деятельности полигона, собирается и хранится в определенном месте, в специально отведенной емкости. Так он не представляет опасности для окружающей среды. Далее фильтрат либо утилизируется, либо используется для увлажнения того или иного участка.

Известно, что каждая тонна бытовых отходов содержит до $\frac{1}{4}$ органических веществ, при этом при разложении 1 м^3 ТКО выделяется до $1,5-2,5 \text{ м}^3$ «свалочного» газа в год, имеющего теплоту сгорания $18900-25100 \text{ кДж/м}^3$. Этот газ может быть использован для получения так называемой «зеленой» энергии. Полигон «Новый Свет – Эко» стал первым в России проектом российско-шведской компании Vireo Energy. Станция активной дегазации была введена в строй в 2015 году.

Основной принцип работы данной станции заключается в том, что биогаз, образующийся в теле полигона в результате анаэробных процессов, сжигается в газопоршневых двигателях с выработкой электрической и тепловой энергии.

Извлечение газа осуществляется с помощью специальных вертикальных труб, которые забуриваются в тело полигона на глубину около 20 метров. Между собой эти трубы соединены системой трубопроводов. Далее газ отправляется на сжигание в газопоршневых двигателях. Энергия, которая получается на выходе, может быть использована при работе полигона, а также ее можно направить в близлежащие районы.

Доволнительный блок мастер-класса: СПб ГУП «Экострой». Основным видом деятельности СПб ГУП «Экострой» являлась разработка и внедрение экологически безопасных технологий переработки отходов, а также техническое обслуживание особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. В распоряжении предприятия находились специально оборудованные производственные площади по адресу: Волхонское шоссе, д. 116, к. 3. В 2006 году было присоединено СПб ГУП «Юго-Западный экологический пост». В результате объединения предприятий СПб ГУП «Экострой» начинает активно развивать одно из основных направлений деятельности предприятия – это разработка и реализация проектов очистки, берегоукрепления и экологического оздоровления водных объектов Санкт-Петербурга. В 2007 году СПб ГУП «Экострой» и СПб ГУПП «Инженерный центр экологических работ» были объединены в одно предприятие. На базе предприятия в режиме постоянной готовности стала действовать городская комплексная аварийная экологическая служба (ГКАЭС). В 2010 году к СПб ГУП «Экострой» было присоединено Санкт-Петербургское государственное унитарное предприятие «Судоремонтно-судостроительный завод «Спецтранс».

Приложение 2
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Современные методы экологического мониторинга»

Учебно-методические материалы

Приложение 2.5

Методические указания для обучающихся по освоению программы
(в том числе к самостоятельной подготовке)

Процесс изучения материала программы предусматривает активное использование современных инновационных образовательных технологий. Формы обучения: индивидуальные и групповые. Методы обучения:

- работа с преподавателем,
- работа в коллективе обучающихся,
- самостоятельная работа.

При освоении дисциплины используются следующие виды активной и интерактивной форм обучения для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций:

- совместное погружение в проблемное поле;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- работа в малых группах; - разборы конкретных ситуаций и т.д. Процесс освоения

дисциплины предусматривает следующие работы:

1. Контактная работа (аудиторная работа: лекционные, практические и лабораторные занятия, мастер-классы, консультации);
2. Самостоятельная работа;
3. Контрольные мероприятия (промежуточные и итоговые аттестации).

Методические указания для обучающихся по лекционным занятиям по модулю

Лекция является наиболее экономичным способом передачи учебной информации, т.к. при этом обширный материал излагается концентрированно, в логически выдержанной форме, с учетом характера профессиональной деятельности обучаемых. Лекция закладывает основы научных знаний в обобщенной форме. На лекционных занятиях преподаватель:

- знакомит обучающихся с общей методикой работы над курсом;
- дает характеристику учебников и учебных пособий, знакомит слушателей с обязательным списком литературы;
- рассказывает о требованиях к промежуточной аттестации;
- рассматривает основные теоретические положения курса;
- разъясняет вопросы, которые возникли у обучающихся в процессе изучения курса. Лекционное занятие преследует 5 основных дидактических целей:
- информационную (сообщение новых знаний);
- развивающую (систематизация и обобщение накопленных знаний);
- воспитывающую (формирование взглядов, убеждений, мировоззрения);
- стимулирующую (развитие познавательных и профессиональных интересов);
- координирующую с другими видами занятий.

В процессе прослушивания лекций очень важно умение обучающихся конспектировать наиболее значимые моменты теоретического материала. Конспект помогает внимательнее слушать, лучше запоминать в процессе записи, обеспечивает наличие опорных материалов при подготовке к лабораторным занятиям и промежуточной аттестации. В этой же тетради следует записывать неясные вопросы, требующие уточнения на занятии. Рекомендуется в тетради отвести место для словаря, куда в алфавитном порядке вписываются специальные термины и пояснения к ним.

Методические указания для обучающихся по практическим занятиям по модулю

Практическое занятие – форма систематических учебных занятий, с помощью которых обучающиеся изучают тот или иной раздел определенной научной дисциплины, входящей в состав учебного плана.

Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение заданий проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях обучающийся не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении заданий нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если обучающийся видит несколько путей решения проблемы, то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы. Решение проблемных заданий или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждого учебного задания должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данного задания. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение заданий данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

При подготовке к практическим занятиям следует использовать основную литературу из представленного списка, а также руководствоваться приведенными указаниями и рекомендациями. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий.

Обучающемуся рекомендуется следующая схема подготовки к занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

В процессе подготовки изучают рекомендованные преподавателем источники литературы, а также самостоятельно осуществляют поиск релевантной информации.

Методические указания для обучающихся по лабораторным занятиям по дисциплине (модулю)

Лабораторные занятия имеют целью углубление и закрепление теоретических знаний, развитие навыков самостоятельного экспериментирования. В ходе лабораторного занятия обучающиеся под руководством преподавателя лично проводят натурные или имитационные эксперименты с целью проверки и подтверждения отдельных теоретических положений учебного курса, приобретают практические навыки работы с вычислительной техникой, овладевают методикой экспериментальных исследований в конкретной предметной области. Порядок проведения лабораторного занятия:

1. Вводная часть: - входной контроль подготовки обучающегося; - вводный инструктаж (знакомство обучающихся с содержанием предстоящей работы, показ способов выполнения отдельных операций, предупреждение о возможных ошибках).

2. Основная часть: - проведение обучающимся лабораторной работы; - текущий инструктаж, повторный показ или разъяснения (в случае необходимости преподавателем исполнительских действий, являющихся предметом инструктирования).

3. Заключительная часть: - оформление отчета о выполнении задания; - заключительный инструктаж (подведение итогов выполнения учебных задач, разбор допущенных ошибок и выявление их причин, сообщение результатов работы каждого обучающегося, объявление о том, что необходимо повторить к следующему занятию).

Методические указания для обучающихся по мастер-классам

Одной из современных педагогических форм, позволяющих демонстрировать новые возможности профессионализма, является мастер-класс.

Целью проведения мастер-класса является демонстрация достижений специалиста как подлинного мастера в своей области.

Мастерство — это всегда высокий профессионализм, большой и разнообразный опыт определенной деятельности, обширные познания теории и практики в конкретной сфере. Основным принцип мастер-класса: «Я знаю, как это сделать, и я научу вас». К особенностям проведения мастер-класса можно отнести следующие:

– основная форма взаимодействия со слушателями — сотрудничество, сотворчество, совместный поиск;

– формы, методы, технологии работы в процессе проведения мастер-класса участникам не навязываются, а предлагаются;

– на одном из этапов мастер-класса слушателям предлагается самостоятельная работа в малых группах, создающая условия для включения всех в активную деятельность и позволяющая провести обмен мнениями.

Задачи мастер-класса:

– передача педагогом-мастером своего опыта путем прямого и комментированного показа последовательности действий, методов, приемов;

– совместная отработка приемов решения поставленной в программе мастер-класса проблемы;

– рефлексия собственного профессионального мастерства участниками мастер-класса;

– оказание помощи участникам мастер-класса в определении задач саморазвития, самообразования и самосовершенствования

Перед началом мастер-класса обучающиеся должны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале за технику безопасности.

Мастер разбивает задание на ряд задач. Группам предстоит придумать способ их решения. Причём участники свободны в выборе метода, темпа работы, пути поиска.

Каждому предоставляется независимость в выборе пути поиска решения, дано право на ошибку и на внесение корректив.

Когда группа выступает с отчётом о выполнении задачи, важно, чтобы в отчёте были задействованы все. Это позволяет использовать уникальные способности всех участников мастер-класса, даёт им возможность самореализоваться, что позволяет учесть и включить в работу различные способы познания каждого педагога.

Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе по дисциплине (модулю)

Достижение целей эффективной подготовки обучающихся и развитие профессиональных компетенций невозможно без их целеустремленной самостоятельной работы. Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации.

Основная цель данного вида занятий состоит в обучении методам самостоятельной работы с учебным материалом, нормативно-правовыми актами, научной литературой, с ситуационными задачами, развитие способности самостоятельно повышать уровень профессиональных знаний, реализуя специальные средства и методы получения нового знания, и использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности. Состав самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекционным и практическим занятиям:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа с конспектом;
- подготовка вопросов для самостоятельного изучения

2. Подготовка к лабораторным занятиям:

- работа со справочниками и др. литературой;
- формирование отчета о выполнении лабораторного занятия;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению по результатам лабораторного занятия;

3. Подготовка к мастер-классам:

- обучающиеся должны ознакомиться с анонсом мероприятия, предусмотренных программой мастер-класса;
- необходимо предварительно ознакомиться со структурой предприятия, на базе которого будет проводиться мастер-класс, основными направлениями, которыми занимается предприятие или компания.

4. Подготовка к промежуточной и итоговой аттестациям:

- повторение всего учебного материала модуля
- аналитическая обработка текста; периодического, продолжающегося издания или сборника как составная часть его основного текста.

Методические указания для обучающихся по промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине (модулю)

В период подготовки к промежуточной и итоговой аттестации обучающихся вновь обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только закрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка обучающегося к аттестации включает в себя три этапа:

- самостоятельная работа в течение курса;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие промежуточной и итоговой аттестации по темам курса;
- подготовка к ответу на вопросы.

Подготовка к аттестации осуществляется на основании списка вопросов по изучаемому курсу, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации среды интернет. Литература для подготовки к промежуточной аттестации рекомендуется преподавателем. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух источников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в литературе точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации.

Основным источником подготовки к промежуточной и итоговой аттестации является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к аттестации обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Для подготовки к аттестации преподаватель проводит консультацию по возникающим вопросам. Промежуточная аттестация проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Оценка качества подготовки обучающихся осуществляется в двух основных направлениях: оценка уровня освоения дисциплин и оценка уровня сформированности компетенций обучающихся. Предметом оценивания являются знания, умения и практический опыт обучающихся.

Положительно будет оцениваться стремление обучающихся изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.

Методические указания для обучающихся по итоговой аттестации по дисциплине (модулю) в тестовой форме

Тест - совокупность стандартизированных тестовых заданий, результат выполнения которых позволяет оценить уровень компетенций, навыков и умений испытуемого, он состоит из вопросов и предлагаемых кратких формулировок возможных ответов на вопросы. В ходе тестирования необходимо внимательно прочитать условия вопроса теста и выбрать правильный ответ. Если условия теста предполагают несколько правильных ответов, нужно выбрать несколько.

Тестовое задание (ТЗ) - логическая единица теста, включающая в себя текст задания определенной конструкции, эталон ответа и имеющая оценочный показатель.

Тестирование необходимо проводить на регулярной основе.

Рекомендации по выполнению контрольных работ.

Рекомендации по подготовке к зачету.

При подготовке ответа на каждый вопрос следует придерживаться структуры соответствующей темы, предложенной в разделе «Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)» Рабочей программы.

При подготовке к зачету целесообразно составить план (схему) ответа на каждый вопрос и зафиксировать его на каком-либо носителе. По отдельным этапам такого плана полезно записать основные тезисы. Не следует стараться выучить весь материал наизусть. Важно понять материал, чему будет способствовать концентрация мыслей на ключевых определениях и понятиях.