



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**

«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МЕГАПОЛИСА»

Уровень программы: общий

Форма обучения: очная

Объем программы: 70 часов

**Руководитель
программы:**

д.т.н., проф. Пашкевич М.А.

**Составитель
программы:**

к.т.н. Алексеенко А.В.



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 оценки состояния окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в городе-миллионнике.

1.2. Основные задачи программы

- **получение дополнительных знаний в области** оценки экологического состояния ландшафтов города-миллионника на основе применения больших массивов данных (Big Data), интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований;
- **получение дополнительных знаний в области** инженерно-технических и фито-ремедиационных методов снижения техногенной нагрузки на окружающую среду и обеспечения стабильного функционирования экосистем городских территорий.

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 выполнять «**диагностику**» – **оценку экологического состояния городских ландшафтов** по результатам сбора статистических сведений о мегаполисе по открытым источникам космических снимков (ДЗЗ), научным базам данных и производственным отчетам;
- способность выполнять «**лечение**» – **проектирование инженерно-экологических решений** для достижения баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе;
- способность к разработке стратегии обращения с **твердыми коммунальными отходами**, решению задач **водоотведения и водоочистки** и проектированию **рекультивации городских нарушенных земель**;
- способность планировать и осуществлять **наблюдения за показателями качества** окружающей среды в городе и решать задачи по проектированию городских особо охраняемых природных территорий.

1.5 Требования к результатам освоения программы:

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

Получить знания по вопросам:

- изучения процессов урбанизации, особенностей формирования и современного развития городов;
- выявления проблем процессов трансформации природных ландшафтов, связанных с функционированием мегаполисов;
- представления о существующих путях загрязнения и нарушения городских земельных ресурсов и их экологических последствиях;
- изучения научно обоснованных представлений о воздействии процессов роста и развития мегаполисов и промагломераций на компоненты окружающей среды.

Развить умения:

- расчета эколого-экономического ущерба от загрязнения и нарушения почв в городских ландшафтах;
- анализа источников загрязнений окружающей среды на урбанизированных территориях и принципов ее защиты;
- экономической оценки основных направлений восстановления нарушенных и загрязненных земель и требований к их реализации;
- планирования основных направлений восстановления нарушенных земель.

Приобрести навыки:

- теоретического обоснования экологических основ биологического этапа рекультивации нарушенных и загрязненных земель в городе;
- применения организационных, юридических и нормативно-правовых принципов и законодательства в сфере обеспечения экологической безопасности развития урбанизированных территорий;
- применения больших массивов данных (Big Data), интегральных показателей качества окружающей среды и интерпретации результатов полевых и лабораторных исследований в условиях мегаполиса;
- разработки мероприятий по обеспечению экологической безопасности при производстве работ по обращению с коммунальными отходами на территории мегаполисов и промагломераций.

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	12
очная	2	8	10	8	10	-	-	8	8	8	8	8 ИА

1.7. Учебный план:

№	Наименование модуля	Всего часов	В том числе					
			Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Выездные мастер-классы	Итоговая аттестация (зачет)
1	Введение. Экология города	2	2	-	-	-	-	-
2	Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса	8	4	2	2	-	-	-
3	Модуль 2. Предотвращение загрязнения городских ландшафтов	16	4	8	-	-	4	-
4	Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв	22	6	2	-	-	14	-
5	Модуль 4. Городские особо охраняемые	14	2	-	2	-	10	-

№	Наименование модуля	Всего часов	В том числе					
			Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Выездные мастер-классы	Итоговая аттестация (зачет)
	природные территории (ООПТ)							
6	Итоговая аттестация	8	-	2	-	4	-	2
	Всего	70	18	14	4	4	28	2

1.8 Объем программы и виды учебной работы:

Вид учебной работы	Часы
Лекционные занятия	18
Практические занятия	14
Лабораторные занятия	4
Выездные мастер-классы	28
Итоговая аттестация (зачет)	2
Всего очных занятий	66
Самостоятельная работа, включая подготовку к итоговой аттестации	4
Общий объем программы	70

2. Содержание обучения:

2.1 Содержание обучения по программе:

Наименование разделов профессионального модуля, тем	Содержание учебного материала	Объем часов
Введение. Экология города	Задачи урбэкологии как науки Масштаб и интенсивность антропогенного воздействия на городские ландшафты Разработка мероприятий, обеспечивающих стабильное функционирование городской территории	2
Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки Использование «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов	8
Модуль 2. Предотвращение загрязнения городских ландшафтов	Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией Энергоэффективность города Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города	16

Наименование разделов профессионального модуля, тем	Содержание учебного материала	Объем часов
Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв	Очистка городских коммунальных сточных вод Обращение с отходами в условиях мегаполиса Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения	22
Модуль 4. Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)	Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса	14

2.2. Рабочие программы дисциплин (модулей) представлены в Приложении 1 к образовательной программе.

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 – зачет.

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

2.4 Оценочные материалы:

Примерный перечень вопросов для подготовки к тестам и зачету:

1. Городское население и урбанизация
2. Защита городских территорий от опасных геологических процессов
3. Ресурсопотребление больших городов
4. Рациональное использование водных ресурсов в городах
5. Отраслевая структура городского хозяйства
6. Транспортная инфраструктура как фактор воздействия на окружающую среду
7. Способы очистки рек и каналов
8. Мероприятия по защите воздушного бассейна больших городов
9. Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах
10. Формирование флоры и фауны городов, ландшафтный дизайн
11. Функции растительного покрова, принципы создания насаждений в городах
12. Урбанизированный ландшафт
13. Городская среда и здоровье населения
14. Экологический мониторинг городской среды
15. Факторы роста численности городского населения
16. Основные неблагоприятные факторы, воздействующие на человека в мегаполисах
17. Передвижные пункты контроля качества атмосферного воздуха в городах
18. Что относят к энергосберегающим градостроительным технологиям
19. Методы снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
20. Внедрение малоотходных технологий

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: «Экологическая безопасность мегаполиса».

3. Организационно-педагогические условия реализации программы:

3.1 Материально-технические условия реализации программы:

Для реализации программы используются 2 аудитории кафедры геоэкологии, оснащенные персональными компьютерами и экраном или проектором для проведения лекций, семинаров и выступлений учащихся. В рамках образовательной программы используются бинокляры Биомед-4 в лаборатории моделирования экологической обстановки, персональные компьютеры для выполнения практических заданий. При проведении семинарских занятий в формате кейса требуются комплекты канцелярских принадлежностей: доска и бумага формата «флип-чарт» (по 1 листу на каждого слушателя программы), наборы маркеров для письма по бумаге (не менее 4 цветов в наборе, по 1 набору на каждые 5 слушателей программы), распечатки заданий, 10 страниц формата А4 в цвете в комплекте (по 1 комплекту на каждого слушателя программы для каждого семинара). 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.

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., 35 лет	Более 100
Профессорско-преподавательский состав программы				
2	Алексеев Алексей Владимирович	Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2014 год, экология и природопользование	Горный университет, ассистент, к.т.н., доктор-инженер (Dr.-Ing., Фрайбергская горная академия), 5 лет	Более 100
3	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., 20 лет	Более 70

№	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
4	Жуковский Юрий Леонидович	Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), 2003 год, электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов	Горный университет, доцент; директор Научного центра цифровых технологий, к.т.н., 18 лет	Более 100
5	Нагорнов Дмитрий Олегович	Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), 2008 год, горные машины	Горный университет, доцент, к.т.н., 12 лет	Более 50
6	Дубовик Анна Сергеевна	Сколковский институт науки и технологий, 2015 год, математика и компьютерные науки	Газпром нефть, руководитель направления продвинутой аналитики и машинного обучения, 5 лет	-

Приложение 1
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Экологическая безопасность мегаполиса»

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Введение. Экология города»

1. Структура дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование модуля	Всего, час	в том числе			Форма контроля
			лекц.	практич.	самост.	
1.	Введение. Экология города	2	2	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1.	Экология города как комплексное междисциплинарное научное направление в современном мире	2	Способность выполнять «диагностику» – оценку экологического состояния городских ландшафтов по результатам сбора статистических сведений о мегаполисе по открытым источникам космических снимков (ДЗЗ), научным базам данных и производственным отчетам (часть 1)

3. Содержание дисциплины (модуля)

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
1	Экология города как комплексное междисциплинарное научное направление в современном мире	Основные термины и понятия экологии города. Городское население и урбанизация. Классификация городских техногенных ландшафтов. Природно-антропогенный комплекс. Урбанизированный ландшафт. Основные процессы формирования природно-техногенной среды на урбанизированных территориях. Факторы роста численности городского населения. Задачи устойчивого развития городов. Геохимия городских ландшафтов. Эколого-геохимические оценки городов. Описание геохимических процессов и их последствий в городах. Рассмотрение накопленных эффектов от изменения гидрологических и геохимических циклов в городской окружающей среде. Количественная	2

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
		оценка геохимических изменений в городе. Ресурсопотребление больших городов. Отраслевая структура городского хозяйства. Городская среда и здоровье населения. Экологический мониторинг городской среды. Основные неблагоприятные факторы, воздействующие на человека в мегаполисах. Изучение влияния города на циклы веществ при постоянном развитии и износе инфраструктуры, и периодических нарушениях окружающей среды. Соотнесение городских экологических исследований с охраной окружающей среды и здравоохранением.	

4. Учебно-методическое обеспечение

Тема 1. «Экология города как комплексное междисциплинарное научное направление в современном мире»

1. Мурзин А.Д. Эколого–экономические риски урбанизированных территорий как объект анализа и управления / А.Д. Мурзин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 1(9). – С. 126–141.

2. Пашкевич М.А. Геохимия техногенеза: Учебное пособие / М.А. Пашкевич. – СПб.: СПГТИ (ТУ), 2007. – 72 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса»

1. Структура дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование модуля	Всего, час	в том числе			Форма контроля
			лекц.	практ.	самост.	
1	Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса	8	4	2	2	текущий
1.1	Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса	4	2	2	-	-
1.2	Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов	2	2	-	-	-
1.3	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	2	-	-	2	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1.	Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса	4	Способность выполнять «диагностику» – оценку экологического состояния городских ландшафтов по результатам сбора статистических сведений о мегаполисе по открытым источникам космических снимков (ДЗЗ), научным базам данных и производственным отчетам (часть 2)
2.	Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов	2	
3.	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	2	

3. Содержание дисциплины (модуля)

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
1	Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса	Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса. Широкодоступные географические информационные системы (ГИС).	4

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
		Возможности ГИС. Базовая картографическая информация как основа оценки состояния окружающей среды в условиях мегаполиса. Базы данных с пространственной привязкой для картографирования возможного загрязнения мегаполиса. Доступ к базам данных состава почв, воздуха, подземных и поверхностных вод.	
2	Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов	Содержание в водах приоритетных загрязняющих веществ. Изменение класса водной миграции почв. Приземный слой атмосферы в селитебных ландшафтах. Опробование снежного покрова. Состав атмосферных выбросов населенных пунктов. Изменение состава газов над городом. Вклад автотранспорта в суммарные выбросы. Коэффициенты эмиссии загрязняющих веществ.	2
3	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса. Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки (лабораторная работа). Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов.	2

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды мегаполиса	практическое занятие	2

5. Перечень занятий лабораторного типа

№ темы	Наименование занятия лабораторного типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки	лабораторное занятие	2

6. Учебно-методическое обеспечение модуля

Тема 1. (Модуль 1). «Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды мегаполиса»

1. Ajmone-Marsan F., Biasioli M. Trace elements in soils of urban areas / F. Ajmone-Marsan, M. Biasioli // Water Air Soil Pollut. – 2010. – V.213. – P. 121-143.

2. Guagliardi I., Cicchella D., De Rosa R. A geostatistical approach to assess concentration and spatial distribution of heavy metals in urban soils / I. Guagliardi, D. Cicchella, R. De Rosa // Water Air Soil Pollut. – 2012. – V.223. – P. 5983-5998.

Тема 2. (Модуль 1). «Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов»

3. Авессаломова И.А. Ландшафтно-функциональные карты при изучении геохимических аномалий в городе / И.А. Авессаломова // Вестник Моск. ун-та, серия 5 география. – 1986. – № 5. – С. 88-94.
4. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в городских почвах. – М.: Логос, 2014. – 312 с.
5. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1999. – 32 с.
6. Сагт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сагт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, Р.С. Смирнова, И.Л. Башаркевич, Т.Л. Онищенко, Л.Н. Павлова, Н.Я. Трефилова, А.И. Ачкасов, С.Ш. Саркисян; под ред. А.И. Перельмана. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

Тема 3. (Модуль 1). «Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки»

7. ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
8. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
9. ГН 2.1.7.2042-06 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
10. ГОСТ Р ИСО 13271-2016. Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации твердых частиц РМ(10)/РМ(2,5) в отходящих газах. Измерение при высоких значениях массовой концентрации с применением виртуальных импакторов.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Предотвращение загрязнения городских ландшафтов»

1. Структура дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование модуля	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			лекц.	практ.	самост.	мастер-класс	
2	<i>Модуль 2. Предотвращение загрязнения городских ландшафтов</i>	16	4	8	-	4	текущий
2.1	<i>Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе</i>	2	2	-	-	-	-
2.2	<i>Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией</i>	2	2	-	-	-	-
2.3	<i>Энергоэффективность города</i>	4	-	4	-	-	-
2.4	<i>Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города (семинар и выездной мастер-класс)</i>	8	-	4	-	4	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1.	Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе	2	Способность выполнять «лечение» – проектирование инженерно-экологических решений для достижения баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе
2.	Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией	2	
3.	Энергоэффективность города	4	
4.	Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города	8	

3. Содержание дисциплины (модуля)

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
1	Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе	Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе. Коэффициент водной миграции, ряды миграции. Растворимость соединений. Принципы систематики сточных вод. Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия сточных вод. Классы водной миграции. Парагенетические ассоциации загрязняющих элементов. Защита городских территорий от опасных геологических процессов. Геохимические барьеры для предотвращения загрязнения городских ландшафтов и виды аномалий элементов, образующихся на барьерах. Радиальные и латеральные барьеры. Систематика барьеров.	2
2	Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией	Экологические аспекты обеспечения мегаполиса электроэнергией. Химический состав городских сточных вод: ионы, газы, растворенные органические вещества. Рациональное использование водных ресурсов в городах. Мероприятия по защите воздушного бассейна больших городов. Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах. Передвижные пункты контроля качества атмосферного воздуха в городах. Методы снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.	2
3	Энергоэффективность города	Энергоэффективность городских территорий. Методологические принципы эколого-геохимической оценки окружающей среды. Технофильность. Техногенные аномалии. Приоритетные загрязнители. Принципы ландшафтно-геохимического мониторинга. Сопряженный анализ. Водная миграция.	4
4	Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города	Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города. Антропогенное воздействие на атмосферу в городе. Загрязнение воздушного бассейна. Химический состав атмосферы мегаполиса. Геохимия аэрозолей и пыли.	8

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
3	Энергоэффективность города	практическое занятие	4
4	Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города	практическое занятие	4

5. Учебно-методическое обеспечение модуля

Тема 1. (Модуль 2). «Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе»

1. Блинов, В.А. Архитектурно-градостроительная экология: учебник / В.А. Блинов; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Екатеринбург: Архитектон, 2017. - 203 с.
2. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов : учебно-практическое пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр., доп. и перераб. - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 316 с.

Тема 2. (Модуль 2). «Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией»

3. Сибикин, Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 229 с.
4. Фирсов, А.И. Экология техносферы : учебное пособие / А.И. Фирсов, А.Ф. Борисов; Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». - Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. - 95 с.

Тема 3. (Модуль 2). «Энергоэффективность города»

5. Сибикин, М.Ю. Технология энергосбережения : учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 352 с.
6. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: учебное пособие: В 2-х частях / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 416 с.

Тема 4. (Модуль 2). «Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города»

7. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском / В.И. Измалков, А.В. Измалков. – СПб, НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.
8. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов / Н.С. Касимов. – М.: ИП Филимонов М.В., 2013. – 208 с.
9. HEI review panel on ultrafine particles. Understanding the health effects of ambient ultrafine particles. HEI Perspectives, 2013, 3. Boston, MA: Health Effects Institute.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв»

1. Структура дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование модуля	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			лекц.	практ.	самост.	мастер-класс	
4	Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв	22	4	4	-	14	текущий
4.1.	Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв (лекция и выездной мастер-класс)	8	-	2	-	6	-
4.2.	Обращение с отходами в условиях мегаполиса (лекция и выездной мастер-класс)	12	4	-	-	8	-
4.3.	Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения	2	-	2	-	-	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1.	Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв (лекция и выездной мастер-класс)	8	Способность к разработке стратегии обращения с твердыми коммунальными отходами, решению задач водоотведения и водоочистки и проектированию рекультивации городских нарушенных земель
2.	Обращение с отходами в условиях мегаполиса (лекция и выездной мастер-класс)	12	
3.	Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения	2	

3. Содержание дисциплины (модуля)

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
1	Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв (лекция и выездной мастер-класс)	Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв (лекция и выездной мастер-класс). Геохимия аквальных ландшафтов города. Геохимические аномалии в донных отложениях малых, средних и крупных рек, дельт и прибрежных зон морей под воздействием стоков мегаполиса. Обращение с отходами в условиях мегаполиса (лекция и выездной мастер-класс). Снижение экологической опасности основных источников воздействия на окружающую среду: автомобильный транспорт, промышленные комплексы, объекты теплоэнергетики и т.д. Изменение микроклимата, геодинамических свойств, вибрационных, акустических и электромагнитных полей. Особенности предотвращения загрязнения атмосферы, гидросферы, почвенного слоя. Способы очистки рек и каналов. Формирование флоры и фауны городов, ландшафтный дизайн.	8
2	Обращение с отходами в условиях мегаполиса (лекция и выездной мастер-класс)	Проблема накопления коммунальных отходов. Внедрение малоотходных технологий. Инженерно-экологические и правовые мероприятия по уменьшению негативного влияния на компоненты окружающей среды. Оценка уровня экологической безопасности и анализ путей оздоровления обстановки. Создание экологически сбалансированных территориальных урбанизированных систем. Анализ исторического процесса формирования и изменения состояния окружающей среды в Санкт-Петербургской агломерации. Основные положения программы оздоровления экологической обстановки и обеспечения экологической безопасности города. Структура программы «Чистый город» для урбанизированных территорий. Элементы благоустройства и технический регламент уборки территорий мегаполиса. Формирование экологической культуры населения.	12
3	Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения	Консервация земель, загрязненных токсичными промышленными отходами. Снятие и сохранение плодородного слоя почв. Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения. Категории земель в составе земельного фонда. Отнесение земель к категориям. Общие требования к проектам рекультивации нарушенных земель. Особенности	2

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
		<p>проектирования рекультивационных работ в условиях мегаполиса. Технические условия для составления проекта рекультивации. Техническое задание на проектирование рекультивационных работ. Содержание технического процесса рекультивации. Составление общей пояснительной записи. Общие сведения о характеристике проектируемого объекта. Графические материалы, касающиеся общих сведений. Содержание основных решений по проекту. Общая характеристика организации производителя и его организационная структура. Мероприятия по организации и охране труда. Оценка экономической эффективности рекультивации нарушенных земель. Виды техники для технического этапа рекультивации. Виды техники для биологического этапа рекультивации. Агрохимическое обследование почв и его цели и задачи. Исходные данные для агрохимического обследования. Полевые работы и лабораторные исследования. Обработка материалов. Требования к проведению агрохимического обследования. Методы и средства контроля проведения агрохимического обследования. Экономическая оценка земель. Использование ресурсов кадастра при восстановлении земель. Виды воздействия на земельные ресурсы. Разработка проектов создания техногенных ландшафтов.</p>	

4. Перечень занятий семинарского типа

№ темы	Наименование занятия семинарского типа	Вид занятия	Кол-во час.
3	Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения	практическое занятие	2

5. Учебно-методическое обеспечение модуля

Тема 1. (Модуль 3). «Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв»

1. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология : учебное пособие / Т.Е. Гридэл, Б.Р. Алленби; пер. С.Э. Шмелев. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 526 с.
2. Divers M.T., Elliott E.M., Bain D.J. Constraining nitrogen inputs to urban streams from leaking sewers using inverse modelling: implications for dissolved inorganic nitrogen (DIN) retention in urban environments / M.T. Divers, E.M. Elliott, D.J. Bain // Environ. Sci. Tech- nol. – 2013. – V.47. – P. 1816-1823.

3. Gasperi J., Garnaud S., Rocher V., et. al. Priority pollutants in wastewater and combined sewer overflow / J. Gasperi, S. Garnaud, V. Rocher, R. Moilleron // *Sci. Total Environ.* – 2008. – V.407. – P. 263-272.

Тема 2. (Модуль 3). «Обращение с отходами в условиях мегаполиса»

4. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г.В. Мотузова, Е.А. Карпова. – М.: Изд-во МГУ, 2013. – 304 с.
5. Основы инженерной экологии : учебное пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова, В.В. Гутенов, Л.Н. Фесенко ; под ред. В.В. Денисова. - Ростов : Феникс, 2013. - 624 с.
6. Cheng H., Hu Y. Mercury in municipal solid waste in China and its control: a review. / H. Cheng, Y. Hu // *Environ Sci. Technol.* – 2012. – V.46. – P.593-605.

Тема 3. (Модуль 3). «Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения»

7. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В. и др. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева; под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Ойкумена, 2003. – 266 с.
8. ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. – М., 1986 – 8 с.
9. Сорокин Н.Д. Рекультивация нарушенных и загрязненных земель / Н.Д, Сорокин. – СПб: Знание, 2016. – 404 с.
10. Barcelo J., Poschenrieder C. Phytoremediation: principles and perspectives / J. Barcelo, C. Poschenrieder // *Contribution to Science.* – 2003. – V.2. – P. 333-344.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

«Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)»

1. Структура дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование модуля	Всего, час	в том числе				Форма контроля
			лекц.	практ.	самост.	мастер-класс	
5	Модуль 4. Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)	14	2	-	2	10	текущий
5.1.	Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды	4	2	-	2	-	-
5.2.	Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города	6	-	-	-	6	-
5.3.	Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса	4	-	-	-	4	-

2. Матрица формирования профессиональных компетенций

№ п/п	Наименование тем дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Профессиональные компетенции
1.	Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды	4	Способность планировать и осуществлять наблюдения за показателями качества окружающей среды в городе и решать задачи по проектированию городских особо охраняемых природных территорий
2.	Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города	6	
3.	Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса	4	

3. Содержание дисциплины (модуля)

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
1	Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды	Биогенная миграция. Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды. Функции растительного покрова, принципы создания насаждений в городах. Биомасса (Б) и ежегодная продукция (П) как параметры ландшафта, их значение для экологической безопасности города. Организмы-концентраторы.	4
2	Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города	Биологический круговорот элементов в селитебном ландшафте. Образование живого вещества в городском ландшафте. Фотосинтез и хемосинтез. Средний состав живого вещества в условиях мегаполиса. Формирование	6

№	Наименование тем	Содержание учебного материала	Объем часов
		кластеров заповедных территорий в условиях мегаполиса.	
3	Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса	Живое вещество и химический состав вод и атмосферы ландшафтов в условиях мегаполиса. Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса. Разложение органического вещества в городском ландшафте. Коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической подвижности. Биофильность, биогенность и биогенная аккумуляция элементов.	4

4. Перечень занятий лабораторного типа

№ темы	Наименование занятия лабораторного типа	Вид занятия	Кол-во час.
1	Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды	лабораторное занятие	2

5. Учебно-методическое обеспечение модуля

Тема 1. (Модуль 4). «Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды»

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
2. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений / М.Г. Опекунова. – СПб.: изд-во СПб., 2004. – 266 с.

Тема 2. (Модуль 4). «Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города»

3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов – М.: Астрей-2000, 1999. – 762 с.
4. Хаскин, В.В. Экология. Человек — Экономика — Биота — Среда : учебник / В.В. Хаскин, Т.А. Акимова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 495 с.
5. Chambers L.G., Chin Y.P., Filippelli G.M. et al. Developing the scientific framework for urban geochemistry / L.G. Chambers, Yu-P. Chin, G.M. Filippelli, Ch.B. Gardner, E.M. Herndon, D.T. Long, W. Berry Lyons, G.L. Macpherson, Sh.P. McElmurry, C.E. McLean, J. Moore, R.P. Moyer, K.N., C.A. Nezat, K. Soderberg, N. Teutsch, E. Widom // Applied Geochemistry. – 2016. – V.67. – P. 1-20.

Тема 3. (Модуль 4). «Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса»

6. Бурдин К.С., Золотухина Е.Ю. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность) / К.С. Бурдин, Е.Ю. Золотухина. – М.: Диалог МГУ, 1998. – 202 с.
7. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский – М.: Издательский центр «Академия». – 2003. – 400 с.
8. Gallagher F.J., Pechmann I., Bogden J.D., et. al. Soil metal concentrations and vegetative assemblage structure in an urban brownfield / F.J. Gallagher, I. Pechmann, J.D. Bogden, J. Grabosky, P. Weis // Environ. Pollut. – 2008. – V.153. – P. 351-361.

Приложение 2
к образовательной программе –
«Международная специальная краткосрочная
Программа под эгидой Международного центра ЮНЕСКО
«Экологическая безопасность мегаполиса»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ПРОГРАММЫ**

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:

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. Основной 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.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Примерный перечень общих вопросов для подготовки к промежуточной аттестации

1. Городское население и урбанизация
2. Защита городских территорий от опасных геологических процессов
3. Ресурсопотребление больших городов
4. Рациональное использование водных ресурсов в городах
5. Отраслевая структура городского хозяйства
6. Транспортная инфраструктура как фактор воздействия на окружающую среду
7. Способы очистки рек и каналов
8. Мероприятия по защите воздушного бассейна больших городов
9. Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах
10. Формирование флоры и фауны городов, ландшафтный дизайн
11. Функции растительного покрова, принципы создания насаждений в городах
12. Урбанизированный ландшафт
13. Городская среда и здоровье населения
14. Экологический мониторинг городской среды
15. Факторы роста численности городского населения
16. Основные неблагоприятные факторы, воздействующие на человека в мегаполисах

17. Передвижные пункты контроля качества атмосферного воздуха в городах
18. Что относят к энергосберегающим градостроительным технологиям
19. Методы снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
20. Внедрение малоотходных технологий

Примерный перечень вопросов для подготовки к итоговой аттестации

Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса

1. Основные термины и понятия экологии города. Городское население и урбанизация. Факторы роста численности городского населения.
2. Классификация городских техногенных ландшафтов. Природно-антропогенный комплекс. Урбанизированный ландшафт.
3. Основные процессы формирования природно-техногенной среды на урбанизированных территориях.
4. Задачи устойчивого развития городов. Геохимия городских ландшафтов. Эколого-геохимические оценки городов.
5. Описание геохимических процессов и их последствий в городах.
6. Рассмотрение накопленных эффектов от изменения гидрологических и геохимических циклов в городской окружающей среде.
7. Количественная оценка геохимических изменений в городе.
8. Ресурсопотребление больших городов. Отраслевая структура городского хозяйства.
9. Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса.
10. Широкодоступные географические информационные системы (ГИС). Возможности ГИС.
11. Базовая картографическая информация как основа оценки состояния окружающей среды в условиях мегаполиса.
12. Базы данных с пространственной привязкой для картографирования возможного загрязнения мегаполиса.
13. Доступ к базам данных состава почв, воздуха, подземных и поверхностных вод.
14. Содержание в водах приоритетных загрязняющих веществ. Изменение класса водной миграции почв.
15. Приземный слой атмосферы в селитебных ландшафтах. Опробование снежного покрова.
16. Состав атмосферных выбросов населенных пунктов. Изменение состава газов над городом.
17. Вклад автотранспорта в суммарные выбросы. Коэффициенты эмиссии загрязняющих веществ.
18. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса.
19. Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки.
20. Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов.

Модуль 2. Предотвращение загрязнения городских ландшафтов

1. Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе.

2. Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией.
3. Энергоэффективность города.
4. Методологические принципы эколого-геохимической оценки окружающей среды.
5. Технофильность. Техногенные аномалии. Приоритетные загрязнители.
6. Принципы ландшафтно-геохимического мониторинга. Сопряженный анализ.
7. Водная миграция. Химический состав городских сточных вод: ионы, газы, растворенные органические вещества.
8. Коэффициент водной миграции, ряды миграции. Растворимость соединений. Парагенетические ассоциации загрязняющих элементов.
9. Принципы систематики сточных вод. Классы водной миграции. Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия сточных вод.
10. Защита городских территорий от опасных геологических процессов.
11. Рациональное использование водных ресурсов в городах.
12. Мероприятия по защите воздушного бассейна больших городов.
13. Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах.
14. Передвижные пункты контроля качества атмосферного воздуха в городах.
15. Методы снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
16. Геохимические барьеры для предотвращения загрязнения городских ландшафтов и виды аномалий элементов, образующихся на барьерах.
17. Радиальные и латеральные барьеры. Систематика барьеров.
18. Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города.
19. Антропогенное воздействие на атмосферу в городе. Загрязнение воздушного бассейна.
20. Геохимия аэрозолей и пыли. Химический состав атмосферы мегаполиса.

Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв

1. Обращение с отходами в условиях мегаполиса.
2. Снижение экологической опасности основных источников воздействия на окружающую среду: автомобильный транспорт, промышленные комплексы, объекты теплоэнергетики.
3. Изменение микроклимата, геодинамических свойств, вибрационных, акустических и электромагнитных полей.
4. Особенности предотвращения загрязнения атмосферы, гидросферы, почвенного слоя.
5. Проблема накопления коммунальных отходов.
6. Внедрение малоотходных технологий.
7. Очистка городских коммунальных сточных вод.
8. Геохимия аквальных ландшафтов города.
9. Геохимические аномалии в донных отложениях малых, средних и крупных рек, дельт и прибрежных зон морей под воздействием стоков мегаполиса.
10. Способы очистки рек и каналов.
11. Формирование флоры и фауны городов, ландшафтный дизайн.
12. Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения.
13. Категории земель в составе земельного фонда. Отнесение земель к категориям.
14. Общие требования к проектам рекультивации нарушенных земель. Особенности проектирования рекультивационных работ в условиях мегаполиса.

15. Технические условия для составления проекта рекультивации. Техническое задание на проектирование рекультивационных работ.
16. Содержание технического процесса рекультивации. Составление общей пояснительной записи.
17. Общие сведения о характеристике проектируемого объекта. Графические материалы, касающиеся общих сведений.
18. Оценка экономической эффективности рекультивации нарушенных земель.
19. Виды техники для технического этапа рекультивации.
20. Виды техники для биологического этапа рекультивации.
21. Агрохимическое обследование почв и его цели и задачи. Исходные данные для агрохимического обследования.
22. Экономическая оценка земель.
23. Использование ресурсов кадастра при восстановлении земель.
24. Виды воздействия на земельные ресурсы.
25. Разработка проектов создания техногенных ландшафтов.
26. Консервация земель, загрязненных токсичными промышленными отходами.
27. Снятие и сохранение плодородного слоя почв.
28. Инженерно-экологические и правовые мероприятия по уменьшению негативного влияния на компоненты окружающей среды.
29. Оценка уровня экологической безопасности и анализ путей оздоровления обстановки.
30. Создание экологически сбалансированных территориальных урбанизированных систем.
31. Анализ исторического процесса формирования и изменения состояния окружающей среды в Санкт-Петербургской агломерации.
32. Основные положения программы оздоровления экологической обстановки и обеспечения экологической безопасности города.
33. Структура программы «Чистый город» для урбанизированных территорий.
34. Элементы благоустройства и технический регламент уборки территорий мегаполиса.
35. Формирование экологической культуры населения.

Модуль 4. Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)

1. Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды.
2. Городская среда и здоровье населения. Основные неблагоприятные факторы, воздействующие на человека в мегаполисах.
3. Изучение влияния города на циклы веществ при постоянном развитии и износе инфраструктуры, и периодических нарушениях окружающей среды.
4. Соотнесение городских экологических исследований с охраной окружающей среды и здравоохранением.
5. Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города.
6. Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса.
7. Биогенная миграция. Образование живого вещества в городском ландшафте.
8. Функции растительного покрова, принципы создания насаждений в городах. Фотосинтез и хемосинтез.
9. Средний состав живого вещества в условиях мегаполиса.
10. Биомасса (Б) и ежегодная продукция (П) как параметры ландшафта, их значение для экологической безопасности города.
11. Разложение органического вещества в городском ландшафте. Организмы-концентраторы.
12. Биологический круговорот элементов в селитебном ландшафте.

13. Коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической подвижности.

14. Биофильность, биогенность и биогенная аккумуляция элементов.

15. Живое вещество и химический состав вод и атмосферы ландшафтов в условиях ООПТ мегаполиса.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Критерии оценок промежуточной аттестации

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и лабораторных занятий; обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение курса выполнил работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; обучающийся не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Критерии оценок итоговой аттестации

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий зачета

Оценка	
Не зачтено	Зачтено
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 50 % лекционных и практических занятий
Обучающийся не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Обучающийся хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Учебно-методические материалы
(в том числе конспекты лекций)**

Содержание

Введение. Лекция 1. «Экология города».....	32
Лекция 2. «Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды мегаполиса»	35
Лекция 3. «Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов»	38
Лекция 4. «Ресурсопотребление и экологическая безопасность: как достичь баланса в мегаполисе?».....	42
Лекция 5. «Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией».....	43
Лекция 6. «Обращение с отходами в условиях мегаполиса»	46
Лекция 7. «Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв».....	51
Лекция 8. «Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды».....	58
Заключение к лекционному курсу «Экологическая безопасность мегаполиса»	61
Лабораторная работа 1. «Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки»	63
Лабораторная работа 2. «Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды».....	66
Практическое занятие 1. «Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды мегаполиса».....	69
Практическое занятие 2 «Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения»	71
Семинарское занятие «Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города»	74
Выездной мастер-класс, ГУП «Петербургский метрополитен»	81
Выездной мастер-класс, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Юго-Западные очистные сооружения.....	83
Выездной мастер-класс, полигон захоронения твёрдых коммунальных отходов г. Санкт-Петербурга «Новый Свет Эко», Гатчинский район	86
Выездной мастер-класс, городская особо охраняемая природная территория «Сестрорецкое болото».....	89
Выездной мастер-класс, городская особо охраняемая природная территория «Остров Западный Котлин».....	91
Перечень вопросов для итогового контроля знаний.....	93

Дисциплина (модуль)
Введение. Установочная лекция зав. кафедрой геоэкологии

Введение. Лекция 1. «Экология города»

Доля городского населения резко возросла во всем мире за прошедшее столетие. По оценкам экспертов ООН, к 2050-му году в городах в общей сложности будут проживать 6,3 миллиарда человек, что на 75 % выше числа горожан в 2010-м году. Воздействие настолько быстрого роста на потребление природных ресурсов и качество окружающей среды привлекает к себе все большее внимание ученых. Увеличение числа горожан напрямую влияет на ландшафты и их хозяйственное использование, меняет биогеохимические циклы большинства химических элементов. И хотя природа этого влияния еще не до конца ясна, весьма вероятно, что оно усилится вслед за предсказываемым ростом населения, затрагивая здоровье человека и состояние экосистем.

Экология города – уникальное научное направление, отличающееся от общей экологии рассмотрением сложной инфраструктуры и насыщенной человеческой деятельности в населенных пунктах. Предметом этой науки являются сложные взаимодействия и отношения химических элементов и их соединений в городской окружающей среде, влияние на них прошлой и настоящей деятельности человека и промышленности, а также более или менее сильное влияние геохимии города на состояние растений и здоровье животных и человека.

Одним из основных направлений работ в данной области являются геохимические исследования, позволяющие оценить степень и характер техногенного загрязнения, а также дать практические рекомендации по улучшению экологической обстановки.

В России эколого-геохимическому изучению проблем загрязнения городских ландшафтов в целом, а также их отдельных компонентов посвящено значительное число научных трудов. Экогеохимики, исследующие геохимические условия и потоки в городских ландшафтах, сталкиваются с особыми задачами. Эколого-геохимический подход к изучению трансформации ландшафтов городов под всевозрастающим воздействием антропогенной деятельности, использованный в этих работах, подразумевает рассмотрение процессов миграции-концентрации химических элементов и их соединений в депонирующих и транзитных средах. К депонирующим (накапливающим) средам относятся почвы, растения, снег, донные отложения водоемов, некоторые органы человека и животных. К транзитным средам городских ландшафтов могут быть отнесены приземный слой атмосферы, поверхностные, почвенные и грунтовые воды, а также органы растений, составляющие ежегодный опад.

Экология города рассматривает пять крупнейших тем:

- 1) описание геохимических процессов и их последствий в городах;
- 2) рассмотрение накопленных эффектов от изменения гидрологических и геохимических циклов в городской окружающей среде;
- 3) количественная оценка геохимических изменений в городе;
- 4) изучение влияния города на геохимические циклы при постоянном развитии и износе инфраструктуры, и периодических нарушениях окружающей среды;
- 5) соотнесение городских геохимических исследований с охраной окружающей среды и здравоохранением.

Сфокусировавшись на обсуждении этих направлений работы и основываясь на проведенных ранее исследованиях, ученые описали свое видение будущей роли экологии города как науки: получение сведений о химическом составе компонентов городских ландшафтов, обеспечивающих здоровье и благосостояние огромного числа горожан. Городские экогеохимические исследования позволяют:

1) описать поведение химических соединений в городской среде и ранжировать их источники, пути миграции и трансформации;

2) рассмотреть пространственно-временную изменчивость этих процессов (включая произошедшие ранее);

3) сделать изучение города частью общемировых исследований меняющегося климата, биогеохимических циклов, здоровья человека и состояния экосистем.

Совместные усилия геохимиков, экологов, инженеров, медиков, метеорологов, урбанистов, микробиологов, гидрологов, почвоведов, географов, политологов и социологов требуются для понимания и решения настоящих и будущих экологических проблем городских территорий.

В городской среде формирование и перераспределение потоков вещества обязаны своим существованием антропогенной деятельности. Включаясь в природные циклы миграции, антропогенные потоки приводят к быстрому распространению загрязняющих веществ в природных компонентах городского ландшафта, где происходит их взаимодействие с человеком. Техногенные потоки вещества чрезвычайно многообразны (рис. 1), им свойственны высокие концентрации широкого круга химических элементов, зачастую представляющих опасность для здоровья населения.

Транзитные и депонирующие среды в городских ландшафтах отличаются от своих естественных аналогов по ряду следующих параметров.

– В первую очередь, любой городской геохимический ландшафт при комплексном рассмотрении представляет собой совокупность мозаичных атмосферических, гидрогеохимических, биогеохимических и литохимических (почвенных) аномалий, находящихся в средах, которые при этом продолжают выполнять свои функции – транзитные и концентрационные.

– Второе значимое отличие заключается в том, что описанная выше поликомпонентная эмиссия поллютантов приводит к формированию в повышенных содержаниях не встречающихся в природных условиях ассоциаций химических элементов, не объединенных химическими и физическими свойствами.

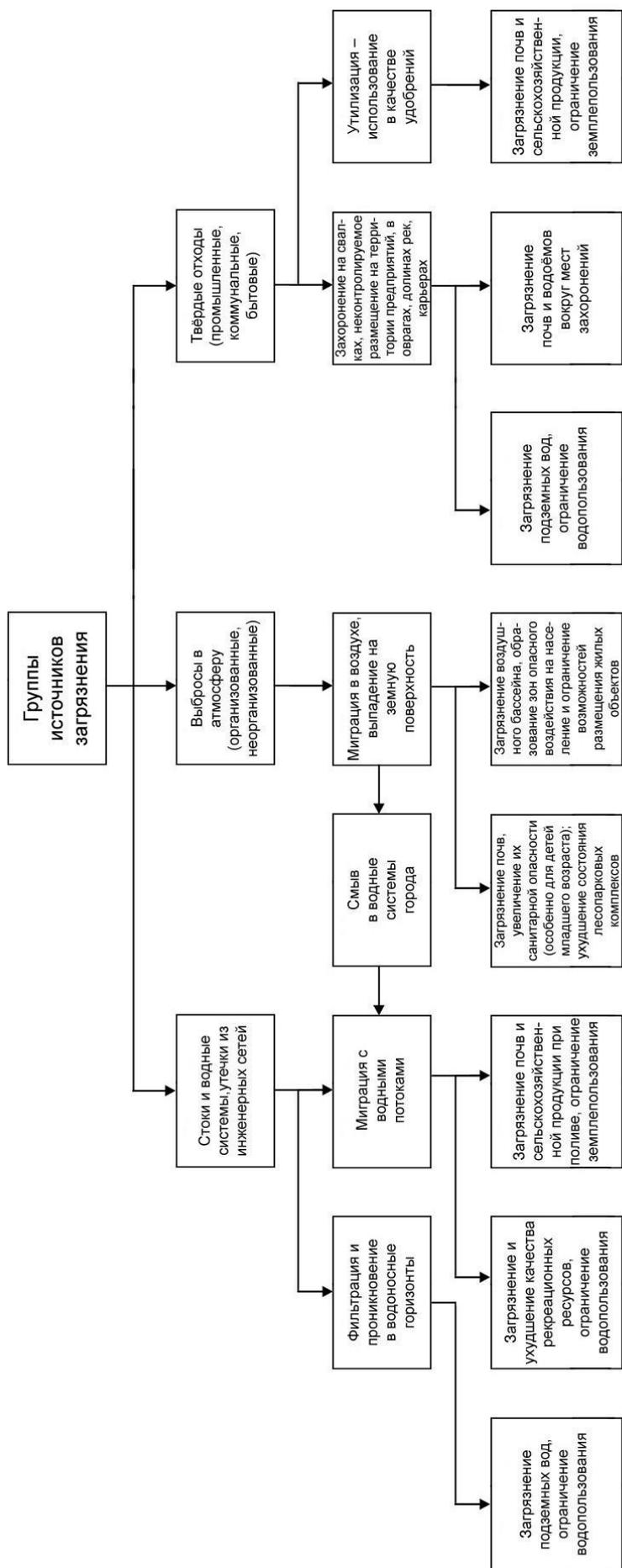


Рис. 1. Источники загрязнения окружающей среды, распространение загрязняющих веществ и последствия их воздействия (Геохимия..., 1990)

Невозможные в природных условиях совместные концентрации таких элементов как Ni и Ba, Cr и U, Cu и Mn встречаются как кратковременно в транзитных, так и накопленными в депонирующих средах. После накопления происходит перераспределение этих элементов и вторичная концентрация на геохимических барьерах.

Таким образом, интенсивность геохимических процессов в городах значительно выше, чем в природных, поскольку они протекают в условиях аномалий и включают в себя как естественные миграционно-концентрационные процессы в ландшафтах, так и обусловленное техногенезом перераспределение загрязнения.

Дисциплина (модуль)
«Сбор и интерпретация данных о состоянии
окружающей среды в условиях мегаполиса»

Лекция 2. «Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды
мегаполиса»

Широкодоступные географические информационные системы (ГИС) упростили распространение и графическое представление пространственных данных, став ключевым инструментом анализа истории землепользования в городах. Возможности ГИС постоянно растут; к примеру, недавно разработанная сетевая технология позволяет строить тематические карты, легко публикуемые в открытом доступе в сети Интернет и может помочь привлечь горожан к участию в научных исследованиях. Базовая картографическая информация, такая как геологическое строение и рельеф местности, предоставляется в США, например, Геологической службой, обеспечивающей доступ, в том числе, к оцифрованным топографическим данным, собранным начиная с 1884 г. (USGS, 2014). Базы данных с пространственной привязкой, используемые, например, для картографирования возможного загрязнения грунтовых вод, доступны на сайтах «Геосообщества» (GeoCommunity, 2014) и различных американских государственных агентств. Геохимические сведения о конкретных территориях, собираемые по требованию Агентства по охране окружающей среды (АООС) США для заявления о воздействии на окружающую среду в настоящее время публикуются в общедоступной базе данных, а архивные заявления могут быть получены во многих библиотеках по частной подписке. Геохимические данные о проводимой АООС США очистке зон экологического бедствия публикуются через систему управления проектом «Superfund Enterprise Management System». Как Геологическая служба, так и Агентство по охране окружающей среды США обеспечивают доступ к базам данных химического состава подземных и поверхностных вод, включающим архивные сведения с 1900 г. Тем не менее, до сих пор не обобщены данные на уровне городов, и работа над этим представляется необходимой в будущем. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса в значительной степени зависит от изучаемой среды.

Водная среда. Гидрохимические аномалии селитебных ландшафтов формируются преимущественно под техногенным воздействием. Так, частота встречаемости грунтовых вод на единицу площади в населенных пунктах выше, чем в окружающих ландшафтах. Это связано, во-первых, с техногенным поступлением воды (полив улиц, приусадебных участков, парков; просачивание и аварийные прорывы питьевых, промышленных и сточных вод), а во-вторых, с резким уменьшением площадей, с которых возможно непосредственное испарение.

Селитебные ландшафты отличаются от окружающих не только большей распространенностью подземных вод, но и их составом, причем характерной особенностью состава подземных вод является мозаичность. Например, в подземных водах, отобранных в различных частях крупного промышленного центра, общая

минерализация может изменяться в 3-5 раз, содержание сульфатов - в 100-160 раз, количество суммарного Na и K – в 300 раз, хлоридов - в 10000 раз. Содержание большинства компонентов в водах в центральной части городов увеличивается. Это особенно характерно для старых населенных пунктов, сформировавшихся вокруг промышленных предприятий. В табл. 1 приведены данные об изменении химизма вод в различных частях мегаполиса в различное время года.

Таблица 1

Сезонные изменения химического состава грунтовых вод мегаполиса

Район города	Сезон года	Катионы, мг/л				Анионы, мг/л			Вес сухого остатка мг/л
		% мг- экв				% мг- экв			
		Ca	Mg	NH ₄	Na+K	HCO ₃	Cl	SO ₄	
Окраина	Зима	<u>118,0</u> 38,5	<u>13,2</u> 7,0	–	<u>16,9</u> 4,5	<u>343,4</u> 36,8	<u>33,4</u> 6,1	<u>54,7</u> 7,1	404
	Лето	<u>185,8</u> 38,7	<u>17,0</u> 6,0	<u>2,0</u> 0,4	<u>25,7</u> 4,9	<u>387,5</u> 28,6	<u>101,9</u> 10,8	<u>117,0</u> 10,6	639
Центр	Зима	<u>329,1</u> 27,0	<u>51,2</u> 6,9	<u>17,2</u> 1,5	<u>219,5</u> 14,6	<u>902,2</u> 24,0	<u>301,3</u> 13,4	<u>345,5</u> 12,6	1710
	Лето	<u>448,0</u> 29,4	<u>52,0</u> 5,9	<u>19,9</u> 1,2	<u>251,0</u> 13,5	<u>729,0</u> 15,0	<u>242,1</u> 8,8	<u>955,0</u> 26,2	2325

Как правило, наибольшее влияние на состав городских грунтовых вод оказывает не литология водовмещающих отложений, а особенности промышленных предприятий.

Значительный вклад в изучение геохимических особенностей поверхностных вод, испытывающих техногенное воздействие в городском ландшафте принадлежит Е.П. Янину. Рассмотрим изученное им поведение тяжелых металлов в малой реке в зоне влияния промышленного города на примере влияния крупнейшего мегаполиса – г. Москва. Основной сброс промышленно-бытовых сточных вод осуществляется с городских очистных сооружений типичным для многих промышленных городов сопряжением: в малые притоки, а затем вместе со сточными водами и поверхностным (ливневым) стоком – в основную реку.

В пределах верхнего участка зоны смешения, техногенные геохимические аномалии формируются в результате поступления двух основных потоков металлов: потока взвешенных и потока растворенных форм. Для Cr, Ni и Cd наиболее интенсивно аномалии проявились в растворенной форме, для Cu, Zn, Hg и Pb – во взвешенной форме. По сравнению с фоновыми уровнями особенно существенно было увеличение валовых содержаний Cd, Hg и Ni. Для всех изученных элементов велико значение взвешенных форм, а для Cr, Pb, Si и Zn они преобладали. Техногенное воздействие обусловило трансформацию природного соотношения (баланса) взвешенных и растворенных форм миграции металлов: для Pb, Zn, Cu и особенно Hg относительно возросла доля взвешенных форм, для Cr, Ni и Cd – растворенных соединений.

В свою очередь, для растворенных форм Cu, Zn и Ni характерно преимущественное поступление в неорганических формах, а для Cd – в органических формах. Такое соотношение растворенных форм, судя по всему, связано с тем, что в загрязненных водах, как правило, существенно снижается относительное содержание высокомолекулярных природных органических веществ типа «водный гумус», и заметно преобладает техногенная низкомолекулярная органика.

Техногенное загрязнение речных вод тяжелыми металлами, связанное с взвесью, формируется двумя способами. Во-первых, при увеличении мутности вод в результате поступления литогенных частиц, характеризующихся фоновыми уровнями элементов. В этом случае происходит увеличение массы металлов в единице объема воды (результаты

выражаются в мг/л), что при исследовании и фиксируется как загрязнение, хотя весовые концентрации поллютантов во взвеси часто не выходят за пределы фона (кларка). Во-вторых, при поступлении в воды техногенных частиц с высокими абсолютными концентрациями (результаты выражаются в мг/кг) в них металлов. В данном случае увеличение массы поллютантов в единице объема воды происходит преимущественно за счет его высоких концентраций непосредственно во взвеси, а не за счет увеличения мутности воды. Обычно наиболее резко техногенные аномалии металлов проявляются при поступлении в реки значительных количеств взвеси, обогащенной ими.

В поступающем с канализационным стоком взвешенном веществе (в техногенной взвеси) характерно преимущественное закрепление в легкоподвижных и относительно подвижных формах. Это определяет потенциальную миграционную способность химических элементов и возможность последующего преобразования их форм в речной среде. Увеличение содержания тонких частиц в составе взвеси, характерное для зон техногенного загрязнения, приводит к возникновению особых динамических эффектов в зоне контакта воды с поверхностью частиц, что, в частности, способствует высвобождению химических элементов и их соединений из твердых взвешенных веществ в водную фазу.

Корреляционный анализ не выявляет достоверной временной связи распределении взвешенных и растворенных форм практически всех изученных химических элементов, т.е. их поставка осуществляется двумя независимыми способами – в составе техногенной взвеси и в растворе вод. Вместе с тем, устанавливается различие между поведением ассоциации растворенных форм и ассоциации взвешенных форм металлов. Лишь для Zn и Ni в динамическом ряду наблюдений прослеживается выраженная положительная связь. Для взвешенных форм типично более согласованное во времени появление максимальных содержаний.

Поставка тяжелых металлов с канализационным стоком промышленного города осуществляется в основной водоток в темпах, содержаниях и формах миграции, отличных от типичных для фоновых участков речной сети. Верхний участок зоны смешения характеризуется существованием двух самостоятельных динамических миграционных потоков – потока согласованно мигрирующих взвешенных форм металлов и потока растворенных форм металлов, отличающихся асинхронным распределением их концентраций во временном ряду наблюдения.

Для многих металлов ведущую роль играют взвешенные формы, что связано как с возрастанием в условиях загрязнения мутности воды, так и, чаще всего, с высокими концентрациями тяжелых металлов в техногенном осадочном материале (во взвеси). Техногенные аномалии взвешенных форм металлов более устойчивы во времени и в значительной мере определяют общий высокий уровень загрязнения реки, а поступающая техногенная взвесь играет важную роль в формировании в реках современных русловых отложений. Для формирования зон техногенного загрязнения в реках важную роль играет поступающая с канализационным стоком города техногенная взвесь. Поступление значительных количеств твердых веществ в городские реки периодически приводит к существенному возрастанию мутности потока, к его перегрузке взвесью, что в конечном счете нарушает динамику равновесного обмена осадочным материалом между потоком и руслом. Естественно, в первую очередь из водного потока выводятся частицы, обладающие значимой гидравлической крупностью. Вследствие этого на определенных участках реки, особенно в ближайшей зоне воздействия источника загрязнения, начинают преобладать процессы его осаждения, что приводит к формированию техногенных илов.

Техногенная взвесь характеризуется концентрациями металлов, существенно превышающими их уровни в фоновой взвеси. Вниз по течению от источника загрязнения практически для всех элементов наблюдается определенная идентичность в характере изменения их концентраций во взвеси. Наиболее интенсивное снижение уровней металлов во взвеси происходит на первых 8-10 км ниже створа полного смешения. Именно здесь

особенно активны процессы выведения из потока техногенной взвеси и поступления природных литогенных частиц, поскольку мутность речной воды в целом слабо меняется вниз по потоку. Ниже по течению реки для валовых концентраций металлов во взвеси характерно однородное и постепенное снижение их значений до фоновых уровней.

Таким образом, воды, испытывающие техногенное воздействие селитебных ландшафтов, характеризуются рядом особенностей.

1. Содержание целого ряда компонентов позволяет рассматривать в целом воды населенных пунктов как крупную гидрохимическую аномалию.

2. Распределение загрязняющих веществ в таких аномалиях носит мозаичный характер.

3. Содержание в водах приоритетных загрязняющих веществ в различных частях населенных пунктов во многом определяется профилем вблизи расположенных промышленных предприятий и может изменяться в зависимости от времени года, а также в различные годы.

4. Рассмотренные гидрохимические аномалии оказывают существенное влияние на концентрацию химических элементов в почвах и в городской растительности, которые во многом исследуют особенности концентрации элементов в водах. Под воздействием грунтовых вод происходит изменение класса водной миграции почв, что в конечном счете ведет к еще большему изменению в них содержания целого ряда элементов.

Лекция 3. «Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов»

Воздушная среда. Приземный слой атмосферы в селитебных ландшафтах отличается высоким содержанием аэрозолей и изменением соотношения между различными газами, составляющими в сумме городскую атмосферу. Именно в составе аэрозолей происходит миграция основной массы химических элементов

О загрязнении атмосферы северных городов можно судить по данным опробования снежного покрова, позволяющим количественно оценить состав воздуха. В таблице 2 приведены параметры загрязнения снежного покрова мегаполиса, позволяющие количественно оценить состав воздуха над довольно крупным промышленным центром.

Об изменениях состава газов над городом можно судить по поступлению в его атмосферу неорганических газов, органических газов и паров техногенного происхождения (табл. 3). Таким образом, состав атмосферного воздуха в пределах селитебных ландшафтов существенно отличаются от атмосферного воздуха за их пределами. В самих ландшафтах населенных пунктов состав воздуха не однороден. В районе оживленных автомобильных магистралей и в районах воздействия городских промышленных предприятий он, как это хорошо видно из данных табл. 3, будет существенно отличаться от воздуха в зонах рекреации. Можно считать, что атмосферические аномалии в пределах крупных населенных пунктов (так же как и аномалии в почвах) имеют мозаичный характер, определяемый в основном типом и расположением источников загрязнения.

Таблица 2

Осредненные параметры загрязнения металлами
снежного покрова мегаполиса

Химический элемент	Снеговая вода С, мг/л	Взвесь С, мг	В атмосферных выпадениях		
			кг/км ² в год	% водорастворимых форм	
				Город	Фон за городом
Алюминий	265	4680	1740	2,7	43
Железо	458	43400	48000	0,19	52
Кальций	12150	26170	20630	10,1	93

Магний	4600	9810	6240	9,4	76
Марганец	41,7	1100	493	1,7	32
Барий	–	26,5	7,3	–	–
Стронций	24,2	88,4	39,7	9	81
Ванадий	6,8	72,8	56,5	2,3	37
Цинк	1670	650	558	43	93
Хром	4,2	92,4	33,8	1,8	98
Никель	–	42,7	15,1	–	–
Медь	6,4	50,4	23,6	7,3	67
Кобальт	–	7,3	7,9	–	–
Свинец	–	154	38,8	–	–
Германий	–	63,9	39,3	–	–
Сурьма	–	15,8	3,4	–	–
Кадмий	0,07	3,6	0,93	1,4	86
Висмут	15,6	60,6	21,8	8,3	90

Говоря о загрязнении атмосферного воздуха в городах России, необходимо отметить, что вклад автотранспорта в суммарные выбросы составляет в некоторых случаях 90 %. Это в основном южные региональные центры, где промышленность представлена «чистыми» отраслями: Назрань (99,8 %), Элиста, Ростов-на-Дону, Ставрополь, Краснодар, Калуга, Воронеж, рекреационный центр Сочи, а также Москва и Санкт-Петербург (90 – 95 %). Объем выбросов от автотранспорта практически напрямую зависит от численности населения городов, уменьшаясь по мере развития дорожной сети.

Таблица 3

Поступление загрязняющих веществ в атмосферу мегаполиса в течение суток

Источник выделения загрязнителей	Количество выделяемых загрязнителей, (т/сут)							
	Органические газы и пары			Аэро-золи	Неорганические газы			
	Углекислоты	Ацетальдегиды	Прочие		Оксиды азота	SO ₂	CO	Прочие
Транспорт	907	11	15	31	393	45	3812	–
Использование нефти для технологических нужд (очистка продукции и др.)	227	2	–	5	5	45	1089	4
Использование органических растворителей	163	38	89	3	–	–	–	–
Сжигание топлива	6	2	8	35	236	363	4	–
Химическая промышленность	15	7	15	3	–	42	–	1
Обработка металлов и минералов	2	–	–	10	–	<0,5	163	–
Прочие источники	<0,5	<0,5	<0,5	2	<0,5	<0,5	–	–
Сумма	1320,5	603,5	127,5	89	634,5	496	5068	5

Чрезвычайно высокая плотность выбросов формируется в 16 городах, где проживает около 800 тыс. чел. Это в основном центры размещения крупнейших угольных государственных районных электростанций с повышенной эмиссией от сжигания топлива (рис. 2). В.Р. Битюкова с соавторами (2011) приводят расчеты плотности выбросов, которые достаточно адекватно характеризуют интенсивность загрязнения.

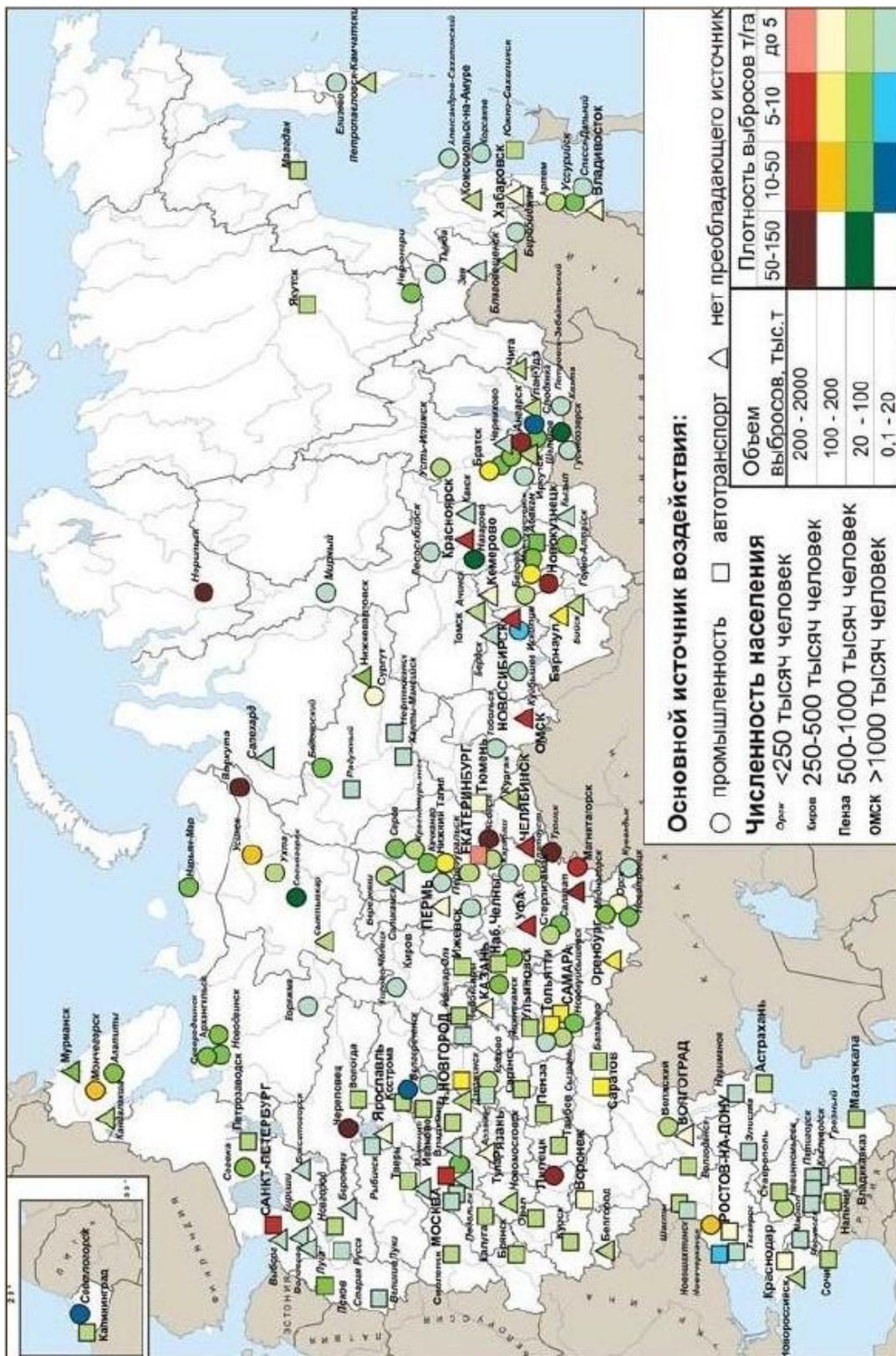


Рис. 2. Уровень и характер антропогенного воздействия на атмосферу в городах России (Битюкова, Касимов, Власов, 2011)

На основании коэффициентов эмиссии загрязняющих веществ от промышленности ($P_{пр}$) и от автотранспорта (P_a) ими были рассчитаны коэффициенты эмиссии Q на площадь муниципального образования $Q_{полн} = P/S_{полн}$; где $S_{полн}$ – площадь муниципального образования (города), $км^2$ или при большой площади муниципального образования – на застроенную площадь $Q_{застр} = P_{пр}/S_{застр}$.

Коэффициент $Q_{\text{застр}}$ выделяет наиболее проблемные города выплавки цветных металлов по устаревшим технологиям (Норильск, Заполярный, Карабаш, Сатка), начинающей нефтедобычи (Стрежевой Томской обл.) и дислокации газо-компрессорных станций (Мышкин и Полысаево), что указывает на неэкологичность развития топливной промышленности и остроту проблемы загрязнения атмосферного воздуха в упомянутых населенных пунктах.

Из 214 городов России, поставляющих 40 % выбросов страны, в 92 промышленности остается ведущим (свыше 60 %) источником загрязнения, в 76 — доминирующим источником воздействия является транспорт (рис. 2). Промышленность (в основном предприятия черной и цветной металлургии, угольной энергетики) является ведущим источником загрязнения в 56 % городов с высоким уровнем выбросов (свыше 100 тыс. т/год) и в 100 % городов с максимальным уровнем плотности воздействия. В крупных региональных и межрегиональных центрах источниками загрязнения в равной степени являются и промышленность, и транспорт (Новосибирск, Челябинск, Уфа, Красноярск, Омск, Барнаул, Оренбург, Хабаровск, Ярославль, Кемерово, Рязань, Волгоград). В 46 городах не выявлен преобладающий источник воздействия. Это города с закономерным ростом автопарка при развивающейся промышленности (Салехард, Новороссийск, Новомосковск) и города, испытавшие спад производства или закрытие основного источника загрязнения (Бийск, Черемхово, Выборг, Бокситогорск).

Анализируя информацию о составе приземной атмосферы в селитебных ландшафтах можно сделать следующие выводы:

1. Состав атмосферных выбросов населенных пунктов чрезвычайно разнообразен и приводит к формированию крупной атмосферной аномалии в городах. Она сформирована различными загрязнителями и, с этой точки зрения является полигенной.
2. Особенности атмосферной миграции, связанные с природными и техногенными факторами, привели к тому, что положение атмосферных аномалий селитебных ландшафтов не является строго зафиксированным в определенных районах города. В определенные промежутки времени эти аномалии могут перемещаться и даже полностью исчезать.
3. Доминирующими источниками загрязнения атмосферы в некоторых городах могут являться либо промышленность, либо транспорт (что определяется специализацией населенного пункта), в другой же группе городов оба источника являются примерно равными по объему выбросов. Среди трех указанных групп преобладают города с промышленным загрязнением атмосферы.

Воздушная, водная и биологическая среды геохимических ландшафтов городов по сути представляют собой полигенные и поликомпонентные геохимические аномалии, состав которых может быть обусловлен как профилем расположенных вблизи, так и удаленных загрязняющих объектов городской инфраструктуры (промышленность, транспорт и пр.). Динамичность атмосферных и гидрогеохимических аномалий, а также участие значительной части химических элементов в биологическом круговороте в городах обуславливает выполнение природных транзитных функций этих сред и требует проведения мероприятий по предотвращению загрязнения городских ландшафтов.

Дисциплина (модуль)

«Предотвращение загрязнения городских ландшафтов»

Лекция 4. «Ресурсопотребление и экологическая безопасность: как достичь баланса в мегаполисе?»

Определение источников эмиссии и основных поллютантов является неотъемлемой составляющей эколого-геохимического изучения городских ландшафтов. Но нередко более значимым как с сугубо научной, так и с прикладной точек зрения становится изучение последствий таких процессов, вызывающие техногенное загрязнение в ландшафтах населенных пунктов, и имеющих свои весьма существенные особенности. На основании этих сведений становится возможным предотвращение загрязнения городских ландшафтов.

Целью данного модуля работы анализ закономерностей миграции и аккумуляции химических элементов в различных средах городских ландшафтов. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- охарактеризовать общие закономерности процессов поступления, миграции и концентрации химических элементов (их соединений) в условиях селитебных ландшафтов;

- изучить поведение химических элементов в транзитных средах городов;

- изучить поведение химических элементов в депонирующих средах городов.

Так, в результате описанных ранее выбросов происходит загрязнение атмосферного воздуха. Химический состав газов в населенных пунктах отличается от состава за пределами селитебного ландшафта, кроме того в воздухе над населенными пунктами может резко увеличиваться количество различных аэрозолей. Эти изменения определяются спецификой техногенного производства, числом жителей и климатическими особенностями. Состав и все геохимические особенности грунтовых вод и почвенных растворов, испытывающих воздействие техногенеза, существенно отличаются от аналогичных особенностей вод, характерных для региона.

Загрязнение воздушной и водной сред сказывается на всех геохимических особенностях почв, в которых происходит накопление загрязняющих веществ. В свою очередь, такие почвы со временем могут сами стать источниками загрязняющих веществ для атмосферы, вод и городской растительности.

Также населенных пунктах происходит весьма своеобразное загрязнение – электромагнитное, тепловое, звуковое (шумовое), радиоактивное. Все виды этого загрязнения могут дополнительно влиять на происходящие в населенных пунктах процессы миграции-концентрации веществ и, в первую очередь, на биогеохимические процессы. Кроме того, селитебные ландшафты отличаются гидрологическим и световым режимами.

Все рассмотренные виды загрязнения влияют на накопление городской растительностью химических элементов, т.е. на биогеохимические и геоботанические особенности растений.

Перечисленные особенности антропогенного загрязнения селитебных ландшафтов развиваются неравномерно в различных частях населенных пунктов, особенно крупных. Это позволяет говорить о мозаичном развитии загрязнения селитебных ландшафтов.

Основной депонирующей геохимической системой, входящей как составная часть в селитебный ландшафт, являются почвы. В них сохраняются вещества, выпадающие из атмосферного воздуха, поступающие из вод и опада растений и, конечно же, различные соединения химических элементов, попадающие в результате антропогенной деятельности непосредственно в сами почвы. Постепенно многие соединения разлагаются в почвах с образованием новых, но происходит это довольно долго.

Рассмотренные выше ландшафтно-геохимические особенности городских ландшафтов приводят к увеличению концентраций большого ряда химических элементов в атмосферном воздухе, почвах, водах и растениях, т.е. приводят к образованию атмохимических, гидрогеохимических, литохимических (почвенных) и биогеохимических аномалий. Происхождение таких аномалий вызывается целым рядом весьма различных факторов, поэтому такие аномалии в селитебных ландшафтах следует считать *полигенными*.

Еще одной особенностью аномалий селитебных ландшафтов является уже упомянутое наложение аномалий, образованных различными химическими элементами, друг на друга. Таким образом, эти аномалии можно рассматривать и как *поликомпонентные*. Их (аномалий) поликомпонентность является особой и во многом отличается от поликомпонентности природных аномалий. Во-первых, аномалия (а точнее группа аномалий) представлена поллютантами, находящимися в различных формах. Это и минеральная форма (преобладает в почвах), и коллоиды с сорбированными ими веществами (атмосфера, атмосферные осадки и почвы), и водные растворы (подземные и поверхностные воды, почвенные растворы), и изоморфные примеси в минералах, и биогенная форма. Во-вторых, сами поллютанты, т.е. элементы обычно представлены многочисленными и самыми разнообразными химическими соединениями, часто не объединяемыми общими кристаллохимическими свойствами. К особенностям рассматриваемых аномалий следует отнести и крайнюю неравномерность распространенности поллютантов.

Одной из характерных особенностей городов является наложение полей загрязнения различных производств и видов хозяйственной деятельности и формирование полиэлементных техногенных геохимических аномалий в компонентах городского ландшафта. Полиэлементность обусловлена разнообразием химического состава отходов с широкой ассоциацией накапливающихся элементов, совместное нахождение которых вызвано не только общими свойствами, но и (в отличие от природных ассоциаций) спецификой производственной и бытовой деятельности. В городских ландшафтах по частоте встречаемости в отходах среди химических элементов преобладают Zn, Cu, Cd, Hg, Pb, Ag, Sn, Cr, Ni. Важнейшая особенность практически всех видов отходов – преимущественное накопление в них малых и редких элементов, отличающихся, как правило, повышенной экологической токсичностью. Среди них в первую очередь выделяются Hg, Pb, Cd, Zn. Характерными загрязнителями в городах являются также W, Sn, Ag. Каждый вид деятельности характеризуется своей специфической ассоциацией накапливающихся элементов. Вместе с тем, ассоциации элементов в промышленных и бытовых отходах поразительно схожи из-за большой комплексности их химического состава.

Говоря о фазовом нахождении поллютантов, следует отметить, что для производств, связанных с первичной или вторичной переработкой неорганических материалов (металлообработка, химическая промышленность, промышленность стройматериалов, энергетика) характерна концентрация химических элементов во всех типах отходов (выбросы, стоки, твердые отходы). При этом качественный состав ассоциаций сонахождения близок. Для производств, обрабатывающих органическое сырье (пищевая, текстильная промышленности), более характерно накопление химических элементов в стоках.

Лекция 5. «Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией»

Выбросы. Пылегазовые выбросы энергетических установок, промышленных предприятий и транспорта являются основными источниками поступления в атмосферу населенных пунктов загрязняющих веществ. Самые распространенные из них – оксиды азота, серы, углерода, углеводорода, твердые частицы. Наибольшее количество оксида углерода и углеводородов выделяется при эксплуатации автомобильного транспорта и от

промышленных источников. Оксиды азота поступают в основном от энергоустановок и автотранспорта, а оксиды серы – от сжигания твердого и жидкого топлива. Твердые частицы имеются в выбросах всех названных источников, особенно много их в выбросах промышленных предприятий и энергетических установок. Кроме того, в атмосферу городов поступают и другие вредные вещества, уже двадцать лет назад их количество превышало 500. Изучение химического состава пыли дает исключительно важные данные для эколого-геохимической оценки производства. В таблице 4 показаны ряды относительной концентрации химических элементов в пыли некоторых производств, типичных для крупного города, ранжированные по величине концентрации относительно кларков литосферы для этих элементов.

Таким образом, пылевой выброс промышленных предприятий города характеризует исключительно широкая ассоциация химических элементов (в порядке убывания встречаемости): Hg, Sb, Zn, Cu, Pb, Sn, W, Mo, Ni, Ag, Bi, Co, Cr, V, Cd. Коэффициенты концентрации элементов варьируют очень широко: Sb – от 25 до 5000, W – от 10 до 10000, Cu – от 3 до 370, Pb – от 3 до 385, Ag – от 2 до 1000, Cr – от 2 до 119 и др. В то же время в пыли одного производства химические элементы распределяются равномерно, что свидетельствует о специфичности пыли того или иного производства.

Таблица 4

Ассоциации химических элементов в пылях различных производств в крупнейших мегаполисах

Процесс	Ряды относительной концентрации			
	н·1000	н·100	н·10	н·1
Переработка цветных металлов				
Переработка лома баббита	Mg, Sb, Cd	In, Bi, Pb, Sn, Ag, Zn, As	Cu, Cr, Tl	W, Ni, Mo
Производство алюминия	–	Cd, Zn, Sb, Pb, Cu	W, Sn, Cr, Bi, Mo	Mn, Ag, B, Co
Выплавка олова	–	Sb, Ag, Sn, Zn, Pb, Cd, W	Cr, Ga, Bi, Mo	Cu, Co, V, Ni
Производство аккумуляторов	–	–	–	–
Машиностроение и металлообработка				
Литье чугуна	–	–	Zn, W	Mo, Sn, Pb, Cu, Cr
Ряды относительной концентрации				
Процесс	н·1000	н·100	н·10	н·1
Литье стали	–	–	Sn, Sb, Ni, W	Mn, Zn, B, Pb, Mo
Выбивка форм	–	–	W	Mo, Zn, Co, Pb
Очистка отливок в дробеметных и пескоструйных установках	–	W, Mo	Cr, Ni, Cu	V, Co
Кузнечно-прессовое производство	–	Zn	W, Mn	Mo, Ni, Sn, Co, Pb
Механическая обработка черных металлов	–	W, Mo, Cu	Cr, Ni, Co, Zn	Mn, V, Pb, Sn
Механическая обработка цветных металлов	Cu, Zn, Pb	Cr, Ni	W, Sn	Co, Mo, V
Производство и заточка инструмента	W	Mo, Co, Sn, Pb, Sb	Cr, Cu, Ni, V	Zn, Sc
Химические производства				
Производство чистых веществ	W	Sb, Sn, Cd, Hf	Ag, Pb, Zn, Bi, Nb	Cu, Mo, Ni, Zn
Изготовление масляных красок	Hg, Cd	Ag, Zn, Sn, Cu, Bi, W	Sb, Mo	Co, Sn, Ni
Коксохимическое производство	Hg	–	Sb, W, Zn, Pb	Mo, Sn
Измельчение компонентов для производства пластмассы	–	–	Pb, Sb, Sn, W	Sn
Производство строительных материалов				
Обжиг цементной шихты	–	Ag	Sb, Zn, Bi, W	Sn, Tl, Cu, Mo, Ba

Помол цементного клинкера	–	–	Sb	Zn, Mo, Cu, Sc, Ba, Ag
Производство керамзита	–	Pb	W, Ag, Bi, Mo	Co, Zn, Cu, Li, Ni, V, Cr
Производство перлитовых плит	–	W, Sb	Mo, Pb	Sn, Sr, V, Co, Ni, Zn, Cu
Производство огнеупорного кирпича	–	Sb, Pb	Bi	V, Cu, Cr, Sn, B, Ga, Zn, Nb
Энергетика				
Сжигание угля на ТЭС	–	–	B, Pb, Mo, Ge	Be, Li, V, Ni, Cu, Zn, Ag, W
Сжигание мазута на ТЭС	–	V, Ni	Cr, Zn, Mo, W, Pb	Cu, Ag, Sn

Загрязнение атмосферы пылью происходит и при сжигании твердых бытовых отходов открытым способом или на мусоросжигающих заводах. Тонкая фракция продуктов сжигания мусора – летучая зола – отличается весьма высокими концентрациями Bi (в 10000 раз выше кларкового значения), Ag, Sn, Pb, Cd, Sb, Zn (в сотни раз и выше), причем металлы частично находятся в подвижной форме и могут легко вымываться из золы.

Но одним из главных, а нередко и основным источником загрязнения воздуха урбанизированных территорий является транспорт. Уже к концу XX в. на долю транспорта в США приходилось более 55 % общей массы загрязняющих веществ воздушного бассейна. Из всех видов транспорта в наибольшей мере загрязняет окружающую среду в городах автомобильный, роль других видов – железнодорожного, водного, воздушного – значительно меньше. Выхлопные газы транспортных двигателей – чрезвычайно сложная смесь компонентов, в них обнаружено более 200 химических соединений и элементов, из которых наиболее вредными являются упомянутые выше оксид углерода, оксид азота, несгоревшие углеводороды (табл. 5). В дизельное топливо для уменьшения в составе отработавших газов сажи вводят металлоорганические соединения на основе Pb, Cu, Ni, Cr. Загрязняет атмосферный воздух также пыль, которая поднимается с проезжей части магистралей при работе городского транспорта. Она обогащена не только свинцом, но и цинком, кадмием за счет истирания шин.

Донные отложения эстуариев и озер показали практическую значимость в оценке прошлого воздействия меняющихся городских условий на окружающую среду. Так, группа исследователей из Геологической службы США определила содержания гидрофобных органических соединений и металлов в этих средах для оценки истории их миграции и аккумуляции в городе и прилегающих ландшафтах. Моделирование содержания загрязняющих веществ по составу донных осадков позволяет предположить, что рассчитанный на душу населения объем поступающих в воду металлов в растворенной форме снизился в последние десятилетия, но формирование металлсодержащих стоков оставалось угрозой для качества воды. Несколько историй химического загрязнения, воссозданных по озерным отложениям штата Мичиган, США, показали: 1) успешность применения экологических нормативов для снижения загрязнения металлами (напр., Pb); 2) воздействие сбрасываемых в городе химических соединений на прилегающие ландшафты (напр., ПАУ); 3) сохраняющиеся проблемы (напр., Hg). Т. Черч с коллегами похожим образом описывают периоды существенного роста промышленного загрязнения металлами после 1950-х гг., приводя также сведения об одновременном усилении эвтрофикации и объема поверхностного стока в густонаселенном районе эстуария реки Делавэр (Church et al., 2006).

Таблица 5

Состав выхлопных газов автомобилей европейского производства

Наименование вещества	Содержание, %					
	Бензиновый двигатель			Дизельный двигатель		
	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее
Углекислый газ	15,0	2,7	9,0	13,8	0,7	9,0
Окись углерода	13,5	–	4,0	7,6	–	0,1
Кислород	17,4	–	4,0	20,0	0,5	9,0
Углеводороды	4,0	–	0,5	0,5	–	0,02
Водород	5,8	–	2,0	2,5	–	0,03
Альдегиды	0,03	–	0,004	0,004	–	0,002
Окислы азота	0,2	–	0,06	0,15	–	0,04
Сернистый газ	0,008	–	0,006	0,03	0,01	0,02

Такие работы позволяют лучше понять изменчивые во времени циклы миграции и аккумуляции элементов в городских ландшафтах, однако описывают только общий поверхностный сток со всего городского водосборного бассейна. Так, сведения о конкретных источниках поступления элементов и соединений обычно достаточно скудны. Городские ландшафты более разнообразны и мозаичны, а водотоки сильнее взаимосвязаны, однако роли этих условий в переносе веществ городскими реками и ручьями дана неполная количественная оценка, особенно с точки зрения развития города. Тем не менее, применение устоявшихся методов геохимических исследований (напр., по колонкам донных отложений) позволяет ученым понять функционирование городских экосистем и перейти к изучению более конкретных меняющихся процессов или проблем. Например, обнаруженное по донным осадкам загрязнение гидрофобными органическими соединениями способствовало дальнейшим исследованиям, открывшим существенное поступление ПАУ из широко используемых в городе герметиков на основе каменноугольной смолы. Благодаря этим открытиям, контролирующие органы приняли меры в некоторых областях, что, в свою очередь, улучшило экологическую обстановку.

Таким образом, предотвращение загрязнения городских ландшафтов является неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития мегаполиса. Наряду со снижением объемов выбросов и сбросов, немаловажным остаются технологии обращения с отходами и, во многих случаях, снижение накопленного экологического ущерба путем выполнения ремедиации почв.

Дисциплина (модуль)
«Снижение экологической опасности коммунальных
отходов и ремедиация почв»

Лекция 6. «Обращение с отходами в условиях мегаполиса»

Преобладающим по абсолютной массе источником загрязняющих химических элементов (их соединений) в городской среде являются неутрализованные промышленные и коммунально-бытовые отходы, содержащие повышенные концентрации химических, в том числе токсичных элементов. Один из вариантов классификации техногенных отходов основан на фазовом подходе: *твердые отходы* (преднамеренно собираемые и депонируемые), *стоки* (поступающие в окружающую среду в виде жидких потоков, содержащих твердые взвешенные частицы) и *выбросы* (рассеяние в атмосфере загрязняющих веществ в твердой, жидкой и газообразной формах). Также возможно деление по другому, более «прикладному» критерию: *организованные* – поступающие в

окружающую среду через специальные устройства (трубы, факелы, очистные сооружения, шлакоаккумуляторы, отвалы), поддающиеся контролю и *неорганизованные* (утечки и выбросы загрязняющих веществ в системах трубопроводов, канализации, при авариях, перевозке отходов и т.д.), постоянный контроль которых затруднен.

Значительная часть твердых и жидких отходов утилизируется. Наиболее полно используется лом металлов, отходы пищевой и мясомолочной промышленности, отходы бумаги, текстиля, масло- и нефтесодержащие отходы. Неутилизируемые же отходы по большей части вывозятся на свалки, в результате чего поблизости от населенных пунктов концентрируются огромные массы свалочного материала, обогащенного тяжелыми металлами. Свалки – потенциальные источники поступления металлов в подземные и поверхностные воды, в прилегающую почву. Некоторая часть отходов размещается в отвалах, на специальных полигонах и на внутригородских свалках. В этих случаях также создаются локальные скопления значительных масс металлов. Так, на внутриводостроительной свалке одного крупного приборостроительного завода за 30 лет скопилось около 75 тыс. т свалочного материала, содержащего более тысячи тонн Zn, сотни тонн W, Cu, Pb, Sn, десятки тонн Co, Ni, Cr, Bi. Изучение баланса распределения отходов в пределах промышленного района, в котором имелись внутриводостроительные свалки, показало, что значительная масса отходов и заключенных в них химических элементов остается в городе. Высокими концентрациями многих тяжелых металлов отличаются также коммунально-бытовые отходы, твердые бытовые отходы и осадки городских очистных сооружений. Часть их перерабатывается в компост, используемый в качестве удобрения, и становится источником загрязнения сельскохозяйственных почв и продукции. Коммунально-бытовые и производственные стоки поступают в поверхностные водные объекты или непосредственно (условно чистые стоки) или после заводских и (или) городских очистных сооружений. При этом взвесь, не уловленная при локальной очистке стоков, задерживается на городских очистных сооружениях, обогащая металлами осадки, которые также иногда вывозятся в качестве удобрений. Растворенные металлы также частично задерживаются очистными сооружениями, а частично поступают в водные объекты, увеличивая в них содержание металлов. Также необходимо отметить, что газовые и пылегазовые выбросы от складываемых и транспортируемых отходов и сырья загрязняют воздушный бассейн.

Таким образом, выбросы и стоки определяют современное качество вод, атмосферы и (через выпадения) почв в урбанизированных зонах и их обрамлении. Твердые отходы (бытовые и промышленные) образуют фиксированные скопления химических элементов, источника загрязнения почв и вод. Рассмотрим особенности химического состава различных отходов, объединенных по близости связанных с ними цепей распространения загрязняющих веществ в окружающей среде: твердые отходы, выбросы, стоки.

Твердые коммунальные отходы (ТКО). В эту группу включают преднамеренно собираемые твердые бытовые отходы и, иногда, пастообразные осадки очистных сооружений. Вещественный (морфологический) состав ТКО сложен и меняется в зависимости от степени благоустройства жилищного фонда, сезона года, климатических и других условий. Химический состав непосредственно ТКО определить сложно, но представление о нем дает состав материалов, оставшихся от сжигания городского мусора на специализированных мусоросжигательных заводах (табл. 6).

Таблица 6

Содержание химических элементов в продуктах сжигания твердых бытовых отходов разных городов

Символ элемента	Продукты сжигания ТКО		Летучая зола	
	Содержание, %	Коэффициент концентрации	Содержание, %	Коэффициент концентрации
Bi	0,0003-0,0013	300-1300	0,01	10000
Ag	0,0006-0,0021	86-300	0,003-0,01	430-1430
Sn	0,02-0,18	80-720	0,22-0,3	880-1200
Pb	0,155-0,186	97-116	0,45-1	281-625
Cd	0,0005-0,0012	38-923	0,005-0,01	380-770
Sb	0,003-0,009	60-180	0,01-0,02	200-400
Cu	0,15-0,4	32-85	0,07-0,3	15-64
Zn	0,18-0,56	22-68	1-3	120-360
Cr	0,06-0,16	7-20	0,8-0,6	10-200
Hg	0,00004-0,00009	5-10	–	–

Примечание. Коэффициенты концентрации рассчитаны относительно содержания элементов в литосфере.

Таким образом, с мусором города с миллионным населением на свалку ежегодно поступает 200 – 250 т Zn и Cu, 70 – 80 т Sn и Pb, 0,5 – 1 т Ag и Cd, 0,02 т Hg.

Осадки городских очистных сооружений – еще один значимый компонент твердых отходов, накапливающийся на станциях аэрации при очистке и обезвреживании хозяйственно-бытовых сточных вод мегаполиса. Они представляют собой многокомпонентную смесь минеральных и органических веществ, содержание последних колеблется от 35 до 80 %. В зависимости от способа обработки они имеют влажность 50 – 70 %. Осадки всех городов, как правило, обогащены тяжелыми металлами (табл. 7). Среди повсеместно накапливающихся химических элементов присутствуют потенциально токсичные Hg, Cd, Pb, Cr. Даже в городах, где имеется только легкая промышленность, осадки в десятки раз обогащены Ag, Hg, Cu, иногда Bi, Cd. Выработанный из таких осадков компост – крупный источник поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственную почву. Осадки также используют для засыпки оврагов и пониженных частей пойм (часто в пределах города, где они могут представлять опасность загрязнения для почв и вод).

Таблица 7

Содержание химических элементов в осадках сточных вод городов с различными видами промышленности

Символ элемента	Машиностроение, химическая и легкая промышленности		Машиностроение и легкая промышленность		Легкая промышленность	
	Содержание, г/т	Коэффициент концентрации	Содержание, г/т	Коэффициент концентрации	Содержание, г/т	Коэффициент концентрации
Cd	44 (97)	520 (750)	3 (10)	24 (80)	0,5 (1,7)	4 (13)
Hg	2,3 (10)	245 (1110)	0,3 (0,8)	30 (90)	0,2 (0,3)	22 (33)
Ag	13 (30)	205 (510)	9 (14)	155 (240)	1,3 (1,4)	22 (24)

Cu	2610 (6780)	85 (250)	1265 (2230)	45 (80)	240 (375)	9 (14)
Zn	3200 (11670)	65 (225)	835 (1875)	15 (35)	520 (510)	10 (29)
Cr	2635 (11015)	60 (240)	320 (645)	7 (14)	–	–
Bi	17 (30)	55 (100)	12 (33)	40 (110)	0,9 (3)	3 (10)
Sn	220 (675)	40 (130)	210 (470)	40 (90)	–	–
Ni	625 (2770)	33 (140)	160 (635)	8 (30)	–	–
Sr	360 (780)	13 (30)	165 (390)	6 (15)	–	–
W	13 (28)	13 (28)	10 (23)	10 (23)	–	–
Pb	218 (900)	8 (35)	–	–	–	–

Примечание. В скобках указаны максимальные значения параметров. Коэффициенты концентрации рассчитаны относительно содержания элементов в литосфере.

Стоки. Большое количество тяжелых металлов попадает в окружающую среду в виде стоков от коммунально-бытовой и производственной деятельности. Стоки поступают или непосредственно в водотоки (условно чистые промышленные стоки) или после различных видов очистки (загрязненные промышленные, коммунально-бытовые стоки, поверхностный сток с урбанизированных территорий). С промышленными стоками в канализационную систему попадают разнообразные загрязняющие вещества, из которых наиболее распространены нефтепродукты, фенолы, пестициды, сложные химические соединения, минеральные и органические взвеси, тяжелые металлы. Широкие комплексы тяжелых металлов и высокие их содержания в сточных водах характерны для многих видов промышленности, причем не только тех, где эти элементы используются в технологическом цикле, но и многих других, в том числе производящих продукты питания и предметы первой необходимости, что было установлено исследованиями Ю.Е. Саета с соавторами (1990). Особенно высокие содержания металлов отличают стоки предприятий, имеющих гальванические производства. Здесь встречаются концентрации Cr, Cd, Cu, Zn – в сотни и тысячи раз, а Pb – в десятки раз выше фоновых. Городские очистные сооружения не дают 100 % удаления металлов из стоков, часть их (4 – 5 %) проходит в водоемы. Учитывая большой объем канализационных стоков, принос с ними металлов в окружающую среду представляется значительным.

Двумя другими крупными источниками приноса металлов в водоемы являются поверхностный сток и сбрасываемый снег. В первом случае за счет смыва части почвы, твердофазных выпадений из атмосферы, размыва свалок и пр. значительно возрастает содержание металлов. Даже после отстойника, где оседает основная масса взвешенных частиц, концентрация Cu в 69 раз выше фона, Ni – в 16 раз, Cr – в 12 раз, Sr и Hg – в 9 раз. Загрязнение же снега тяжелыми металлами происходит за счет атмосферных выпадений, а разбрасывание на дорогах соли приводит к накоплению в нем хлоридов. В талой снеговой воде крупного промышленного города, по данным тех же исследователей, содержалось в 150 раз больше хлор-иона, чем в воде фонового водотока, а кобальта, стронция, меди – в несколько раз. Количество твердого материала, накопленного в снеге, колебалось от 4,7 до 24,5 г/кг снежной массы.

Таким образом, чрезвычайно сложное техногенное давление на все среды городских ландшафтов, выражающееся в данном случае в загрязнении, имеет несколько общих закономерностей:

– химические элементы, имеющие аномально высокие концентрации, широко представлены в отходах (твердые отходы, стоки, выбросы) самых различных производств, что приводит к формированию полиэлементных техногенных геохимических аномалий;

– крупные промышленные города в любых природных условиях по совокупности поллютантов являются примерно равными; независимо от географического положения, определяющего наличие природных геохимических барьеров, во всех городских ландшафтах формируются социальные геохимические барьеры;

– загрязнение городских ландшафтов связано с эмиссией химических элементов, отличающихся повышенной технофильностью; также в некоторых случаях происходит выделение соединений, не имеющих природных аналогов. Последствия для всех живых организмов, адаптировавшихся за миллионы лет эволюции к значительно более низким концентрациям этих элементов (или, во втором случае, совершенно не адаптировавшихся), будут иметь негативный характер, то есть загрязнение имеет повышенную экологическую токсичность.

Снежный покров как источник последующего формирования осадка сточных вод. Важной депонирующей средой геохимических ландшафтов северных городов является снежный покров. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. При аккумуляции различных загрязняющих веществ снегом происходит трансформация его химического состава. Так, выбросы предприятий черной металлургии, цементной, строительной, аммиачной промышленности, а также теплоэнергетики приводит к подщелачиванию снеговых вод до $pH = 8,5 - 9,5$ (при естественных значениях pH около 5,6) и увеличению содержания кальция, магния, гидрокарбонат-ионов за счет растворения техногенных карбонатов, содержащихся в пыли. Поставка оксидов серы (тепловые станции на угле, цветная металлургия, коксо- и нефтехимия) ведет, наоборот, к подкислению снеговых вод. Иногда наблюдается зональность щелочно-кислых условий: во внутренней зоне загрязнения воды имеют щелочную реакцию, во внешней зоне - более кислую. В среднем нагрузка сульфатов (2-3 т/ км² в год), нитратов (0,5-1,0), аммония (около 1 т/км² в год) на города почти на порядок выше, чем на малонаселенные районы.

При подщелачивании и подкислении происходит увеличение минерализации и техногенная трансформация состава вод. Для оценки степени трансформации используется коэффициент K , показывающий возрастание отношения SO_4^{2-} / Cl в снеговой воде к этому же эталонному отношению в морской воде. $K > 10$ обычно характеризует достаточно сильную трансформацию состава вод и степень их сульфатизации. Техногенная геохимическая трансформация городской среды зависит от видов преобладающих производств и конкретной ландшафтной ситуации. Выделяются пять основных групп поллютантов: 1) макрокомпоненты снеговых вод - пыль, сульфатные и гидрокарбонатные ионы, кальций, хлор, фтор, минеральные формы азота и фосфора и др.; 2) тяжелые металлы и другие микроэлементы, органические соединения; 3) фенолы, формальдегид и др.; 4) полициклические ароматические углеводороды; 5) радионуклиды. Другие токсичные вещества - полихлорбифенилы, пестициды, диоксины, очевидно, также загрязняют городскую среду, но их распределение в снежном покрове городов практически не изучено.

Тяжелые металлы в снежном покрове. Пространственная связь и качественный состав микроэлементов позволяют четко индцировать техногенные источники загрязнения. Растворимые и минеральные формы металлов имеют разное индикационное значение. Так, в г. Тольятти производство азотных удобрений сопровождается контрастными техногенными аномалиями растворенного никеля при низких его концентрациях в минеральной составляющей снега. Особенно контрастны ореолы тяжелых металлов вокруг заводов черной и цветной металлургии, где Z_c в эпицентрах ореолов достигают сотен единиц. Поставка пыли заводами черной металлургии ведет к образованию техногенных аномалий минеральных форм металлов. Выбросы алюминиевых заводов наряду с пылью содержат растворимые фториды алюминия и других металлов. Поэтому аномалия водорастворимых алюминия, цинка, хрома в 1,5-2 и более раз контрастнее аномалий их валовых форм.

Изучение химического состава снежного покрова позволяет выявить пространственные ареалы загрязнения и количественно рассчитать реальную поставку загрязняющих веществ в ландшафты в течение периода с устойчивым снежным покровом. Этот метод экспрессной оценки состояния среды успешно применяется во многих городах тундровой, таежной, лесостепной и отчасти степной зон. Вокруг промышленных центров техногенные ореолы запыленности снежного покрова, выявленные со спутников, в 2-3 раза выше фонового уровня. Особенно велики площади загрязнения в Московском, Донецко-Криворожском, Кузбасском, Уральском территориально-производственных комплексах. Техногенные ореолы пыли в снежном покрове в десятки раз превышают площадь городской застройки и в 2-3 раза контрастнее ореолов в атмосферном воздухе.

Опробование снега проводится обычно перед началом таяния на всю его мощность. Сплошной снежный покров позволяет проводить массовое площадное опробование территории города и его окрестностей. Достоверные пространственные структуры загрязнения получают при взятии одной пробы на 1 км² на открытых площадках, удаленных на 150-200 м от воздействия автотранспорта или других локальных источников. Пробы снега растапливают при комнатной температуре и воду фильтруют под давлением или пропускают через газ. При мониторинге снежного покрова обычно исследуются две фазы – растворенная, прошедшая через ядерные фильтры, и минеральная (пыль), оставшаяся на фильтрах. Такой фазовый анализ позволяет получить информацию о пространственном распределении наиболее подвижных водорастворимых форм химических элементов и форм (сорбированных, карбонатных, гидроксидных и др.), связанных с минеральными и органо-минеральными носителями. Техногенные ореолы этих форм нахождения имеют разные площадь, контрастность и элементный состав. Наибольшее индикационное значение имеют количество и химический состав пыли, на долю которой приходится обычно 70 – 80 % от общего баланса элементов в пробах снега.

После аналитического определения компонентов (соединений азота, фтора, тяжелых металлов, полициклических ароматических углеводородов и др.) рассчитываются коэффициенты техногенной концентрации или аномальности элементов и соединений K_c по сравнению с фоном, а также показатели общей пылевой нагрузки:

$$P_{\text{общ.}} = C \cdot P_{\text{п}} \text{ (г/см}^2\text{, т/км}^2\text{ или мг/ км}^2\text{·сут.)}, \text{ где}$$

C – концентрация химических элементов в снежной пыли, мг/кг; $P_{\text{п}}$ – пылевая нагрузка, кг/км²·сут. Тогда коэффициент относительной техногенной нагрузки

$$K_p = P_{\text{общ.}} / P_{\text{ф}}, \text{ при } P_{\text{ф}} = C_{\text{ф}} \cdot P_{\text{пф}}, \text{ где}$$

$P_{\text{ф}}$ – фоновая нагрузка элемента; $C_{\text{ф}}$ – фоновое содержание исследуемого элемента; $P_{\text{пф}}$ – пылевая фоновая нагрузка, для Нечерноземной зоны, например, равная 10 кг/км²·сут.

Для полиэлементных техногенных аномалий часто используются суммарные показатели загрязнения Z_c или нагрузки Z_p , характеризующие степень загрязнения целой ассоциации элементов относительно фона:

$$Z = \sum K_c - (n-i), \text{ где}$$

K_c – коэффициенты техногенной концентрации больше 1 (или 1,5), n – число элементов с $K_c > 1$ (или 1,5). В практике геохимических исследований считается, что аномальные зоны с $Z_c > 100-120$ характеризуют высокий и опасный уровень загрязнения.

Лекция 7. «Очистка городских коммунальных сточных вод и ремедиация почв»

Водоочистные сооружения, как правило, предназначены для устранения некоторых техногенных соединений и взвешенных наносов из воды. К веществам, сохраняющимся в стоках после обработки, относятся такие медицинские отходы как йодсодержащие рентгеноконтрастные препараты и хелаты гадолиния для магнитно-резонансной томографии (МРТ) (Kulaksiz, Bau, 2011), лекарственные средства – литий, применяемый в форме карбоната против биполярного расстройства, карбамазепин, необходимый при эпилептических припадках, ибупрофен (Veach, Bernot, 2011), эстрогены (Martinovic-

Weigelt et al., 2013), средства личной гигиены, такие как противомикробные препараты наподобие триклозана, кротамитон, помогающий от чесотки и кожного зуда, равно как и запрещенные наркотики, такие как кокаин и метамфетамин (Thomas et al., 2012; Bijlsma et al., 2014). Сочетание настолько разнородных химических соединений в городских стоках создает уникальную проблему как для традиционных способов водоочистки, так и для применяемых методов оценки токсичности. К примеру, многосоставная смесь химикатов, обнаруженная в обработанных сточных водах (такие продукты распада моющих средств как 4-нонилфенол), усиливает токсичность инсектицида диазинон. Эти соединения могут в то же время служить индикаторами современной деятельности человека. Так, хелаты гадолиния, применяемые как агенты контрастного усиления МРТ с 1988 г. в США, создают гадолиниевые аномалии в ореоле редкоземельных элементов в городских отложениях, отличающиеся от аналогичных природных осадочных пород (Soderberg, Hennett, 2014). Многие из этих соединений встречаются в очищенных сточных водах, тогда как некоторые могут быть устранены более эффективно при водоочистке.

Установление факта превышения концентраций рассеянных металлов, токсичных органических соединений и растворителей в окружающей среде города в сравнении с прилегающими ландшафтами (Ajmone-Marsan, Biasioli, 2010) привело к изменениям в проводимой политике. Продолжающиеся исследования рассеянных металлов и органических соединений посвящены их воздействию на здоровье человека, накопленному загрязнению от промышленности и иной деятельности человека в городе, меняющимся со временем тенденциям, новым задачам, возникающим при изменении функционального использования городских построек, поведению химических элементов, их миграции, источникам потенциально опасных соединений.

Водный баланс и направления водотоков в населенном пункте значительно влияют на геохимические процессы и потоки как в городской среде, так и в прилегающих ландшафтах. Влияние города на гидрологические циклы, имеющее долгосрочные последствия, хорошо изучено, и таким явлениям как пониженная инфильтрация и повышенный поверхностный смыв дана по крайней мере качественная характеристика. Однако всего в нескольких работах предприняты попытки рассчитать водный баланс города, включающий многообразные поступления и расходы воды в инженерных системах, в том числе утечку из водопроводов, попадание ливневых вод в канализационные трубы, поступление подземных вод в канализацию или, напротив, утечку из канализации. Еще меньше трудов посвящено сравнению компонентов водных циклов в сельской (или «природной») местности и в городе. Влияние урбанизации на местный водный баланс чрезвычайно сильно зависит от геологических и климатических условий местности, а также от численности и плотности населения, конструкции и возраста инженерных систем (напр., канализации). Результаты трех подобных исследований были следующими: во всех трех описанных случаях объемы образующегося в городе трубопроводного стока примерно равны объемам поверхностного стока или превышают их. Во влажном климате с естественно высоким уровнем грунтовых вод (г. Балтимор, Мэриленд, США и г. Лулео, Швеция) сток в трубопроводе включает просачивающиеся в канализацию подземные воды. Напротив, в засушливом г. Сан-Луис-Потоси, Мексика, сточные воды просачиваются из канализационных труб в вадозную зону и затем в нижележащий водоносный горизонт. Даже в семиаридном климате Сан-Луис-Потоси, просачивающиеся стоки приводят к повышению уровня грунтовых вод в неглубоких водоносных слоях, периодически подтапливая подвалы и иные подземные строения.

Влияние водоснабжения и канализационного стока на водный баланс городской территории может быть совершенно различным. Изучение питания подземных водоносных горизонтов в городах, водоснабжение которых зависит от грунтовых вод, показало, что водопроводные утечки могут быть значимым источником питания грунтовых вод. Утечки из водопроводных труб и из водотоков, искусственно

перенесенных в городской водосборный бассейн, могут составлять от 15 до более чем 50 % водного (Mitchell et al., 2003). Это серьезная экономическая потеря в масштабах городского водного бассейна, при которой природные воды смешиваются с используемыми в водоснабжении, доставленными с большими финансовыми затратами. Трубы могут терять с утечками всего 4 %, поставляемой под высоким давлением воды в начале эксплуатации, но намного чаще – от 10 до 40 % при значительном износе (Martinez et al., 2011). Как показали исследования, питание подземных вод иногда снижается меньше, чем это ожидалось после увеличения площади запечатанной твердым покрытием городской территории. Это объясняется утечками из водопровода, в некоторых случаях питающими грунтовые воды на 50–90 %. Используемые в г. Мехико подземные воды были практически полностью истощены, но упавший уровень водоносного горизонта был частично восстановлен искусственной подпиткой из протекающего водопровода. Напротив, исследования водного баланса в масштабе поверхностного водосборного бассейна показали, что в некоторых городах атмосферные осадки являются важным источником питания грунтовых вод или же преобладающим источником, за исключением самых засушливых периодов.

А. Бхаскар и К. Уэлти провели прекрасное сравнение водных балансов городской и сельской местностей в масштабе водосборного бассейна в Балтиморе, Мэриленд (Bhaskar, Welty, 2012). Приходы и расходы воды оценивались независимо, в связи с чем водный баланс может сходиться не полностью. Атмосферные осадки составляют единственный источник прихода воды в сельских условиях и преобладающий (86 %) в городе. К прочим источникам привноса воды извне городского водосборного бассейна относятся протекающие трубы (12 %) и полив лужаек (2 %). Расход воды в деревенской местности происходит с испарением почвой и растениями (67 %) и поверхностным стоком (33 %); в городе расход воды протекает более разнообразно, в основном, с просачиванием грунтовых вод в канализационные трубы (41 %), а также с поверхностным стоком (33 %) и испарением почвой и растениями (26 %). Данных о трубопроводных утечках и просачивании грунтовых вод в канализационный сток г. Балтимора довольно мало, но и практически все остальные городские администрации либо располагают ограниченными сведениями, либо не предоставляют их, что усложняет задачу расчета городского водного баланса.

Ремедиация городских почв. *Общая информация о почвах.* Почвы представляют собой верхний горизонт литосферы с явным проявлением биологического круговорота химических элементов. А.И. Перельман относил почвы к области наивысшей геохимической энергии живого вещества. Основатель учения о геохимических ландшафтах, виднейший почвовед Б.Б. Полынов при этом отмечал, что в почвах «...создаются многообразные сообщества (биоценозы) и формируются новые виды многочисленных низших организмов и высших растений». Отмечаемая этими и многими другими исследователями большая роль живых организмов оказала огромное влияние на геохимические особенности почв.

Одним из важнейших геохимических (биогеохимических) процессов, происходящих в почвах, является *разложение органических веществ микроорганизмами*. Интенсивность этого процесса в природных условиях во многом контролируется *климатическими условиями*, достигая максимума во влажных тропиках. В последнее время большое влияние на разложение органических веществ (особенно в *сельскохозяйственных и селитебных ландшафтах*) оказывает *антропогенная деятельность*.

Формирование почвенного профиля с *дифференцированным распределением химических элементов* по вертикали во многом связано с деятельностью живого вещества. Еще в 30-х годах прошлого века один из основателей геохимии В.М. Гольдшмидт впервые выявил концентрацию в гумусовом горизонте лесных почв Be, Co, Ni, Zn, Ge, As, Cd, Sn, что связано с *«перекачиванием» растениями элементов из нижних горизонтов в верхние*. Такая картина характерна не только для лесных, но и для других почв, в том числе и в

техногенных геохимических ландшафтах. Считается, что этому «перекачиванию» способствует выделение корнями растений H^+ при поглощении катионов и OH^- – при поглощении анионов.

Вертикальной дифференциации элементов в почвах кроме указанного процесса, способствует *нисходящая сверху миграция водных растворов и связанное с нею выщелачивание*. Различное сочетание процессов биогенной аккумуляции и выщелачивания приводит, в отличающихся конкретных условиях, к формированию в разрезе почвенных горизонтов с особыми физико-химическими (а затем – геохимическими) условиями. При этом в почвах в различных горизонтах часто появляются определенные геохимические барьеры, на которых происходит концентрация отдельных химических элементов (их соединений). В результате процесса образования почв из однородной горной породы постепенно формируется почвенный профиль с горизонтами, отличающимися по своим геохимическим особенностям. При изучении почв выделяется «главный горизонт», или «центр почвы», определяющий ее своеобразие в целом. Как правило, таким центром является верхний горизонт А. В нем наиболее энергично разлагаются органические вещества и отмечается наибольшее напряжение всех геохимических процессов. Лишь иногда «центром почв» становится какой-либо другой горизонт.

Геохимическое разнообразие почв во многом объясняется и меняющимися условиями их формирования. Еще В.В. Докучаев стал рассматривать формирование почв как совокупность деятельности таких факторов, изменяющихся в различных частях нашей планеты, как «грунт, климат, растительные и животные организмы, возраст страны и, отчасти, рельеф местности». К указанным пяти факторам со временем добавились еще два: вода (почвенная и грунтовая) и хозяйственная деятельность человека. Огромное количество вариантов формирования почв, связанное с различной ролью каждого из указанных факторов в пределах конкретных участков, обуславливает и разнообразие геохимических особенностей этих геохимических систем в разных регионах. Этому разнообразию отчасти способствовало и то, что химические элементы, попав в почву, сохраняются в ней продолжительное время, в отличие от таких биокосных систем как атмосфера и гидросфера. Однако, несмотря на все отличия почв различных регионов, есть в них и очень много общего, в особенности при их рассмотрении с геохимической точки зрения.

Основы систематики нарушенных и загрязненных городских почв. Городская почва, как и естественная, является биокосной многофазной системой, состоящей из твердой, жидкой и газовой фаз, с непременно участием живой фазы; она выполняет определенные экологические функции. Почвы в городе живут и развиваются под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, однако антропогенный фактор здесь становится определяющим. В книге «Антропогенные почвы» (2003) М.И. Герасимова с соавторами приводят следующее определение:

Городские почвы – это антропогенно-измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением или загрязнением материала урбаногенного происхождения, в том числе строительно-бытовым мусором (рис. 3).

Предлагаемая систематика городских почв (поверхностных природных образований, распространенных на городской территории), исходит из того, что вся территория города представлена: 1) открытыми, частично озелененными территориями и 2) закрытыми застроенными и заасфальтированными. На территории любого города распространены следующие почвенные образования:

- естественные почвы с урбаногенными признаками;
- эмбриоземы - молодые слаборазвитые почвы с профилем АС;

- естественные поверхностно-преобразованные почвы - урбо-почвы, прошедшие сложную природно-антропогенную эволюцию и в разной степени нарушенные урбопедогенезом;

- почвы глубоко-преобразованные в результате механических или химических нарушений, в том числе и химически-преобразованные – урбаноземы;

- искусственно созданные, сконструированные из насыпных или намывных грунтов почвоподобные тела – техноземы.

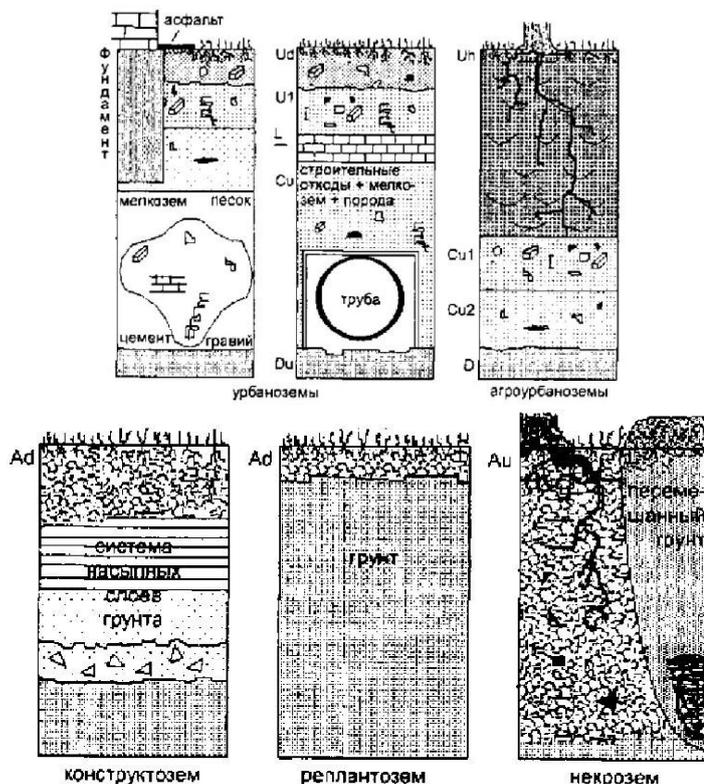


Рис. 3. Различные типы профилей городских почв (Герасимова и др., 2003)

На открытых поверхностях города залегают непочвенные образования –насыпные, перемешанные, намывные, техногенные и природные грунты. На заасфальтированных территориях под асфальтобетоном или другим дорожным покрытием формируется особая группа тел – «экраноземы» и запечатанные грунты.

Отличия городских почв от естественных аналогов. Как видно из описания возможных типов профилей городских почв, практически единственным возможным лимитирующим фактором участия почв городов в геохимических процессах миграции-концентрации является перекрытие техногенным «экраном», препятствующим развитию растительного покрова и прекращающим взаимодействие почвы с атмосферой. Во всех же остальных случаях почва (грунт) остается естественной депонирующей средой, однако ее аккумулярующие свойства претерпевают значительные изменения. Основными аномальными характеристиками являются:

- повышенная уплотненность;
- тренд в сторону повышенной щелочности;
- накопление техногенных веществ;
- наличие патогенных микроорганизмов;
- наличие включений строительного-бытового мусора.

Рассмотрим подробнее определенные специфические особенности почв в пределах города.

Водно-физические свойства почв. Урбаноземы значительно отличаются от естественных почв по физическим свойствам (табл. 8).

Гранулометрический состав почвы – важный показатель, который определяет поглощающую способность городской почвы, ее продуктивность, степень ее фильтрационной и водоудерживающей способностей. Для городских почв слоистость грунтов по гранулометрическому составу имеет важное почвенно-геохимическое значение, так как служит экранирующим и капиллярно-прерывающим барьером. Важный фактор – содержание мелкозема, он определяет степень влагоемкости. Для городских экосистем характерно привнесение в почву песка и гравия, используемого в градостроительстве. Строительный материал, промышленные отходы, механические загрязнители и другие технологические субстраты имеют размеры гравия и камней. Из-за этого их содержание в городских почвах постоянно увеличивается.

Таблица 8

Изменение физических свойств поверхностных горизонтов городских почв

Свойства	Дерново-подзолистые почвы вне города	Урбаноземы
Твердость почвы, кг/см ²	20-25	40-45
Поровое пространство, %	50	30-40
Плотность сложения, г/см ³	0,9-1,2	до 1,8
Влагоемкость полевая, %	14-20	5-14

Плотность сложения характеризует способность почвы делать запасы доступной влаги для растений, а также воздуха. Плотность почвы влияет на поглощение влаги, газообмен и, как следствие, миграцию поллютантов в почве. Как правило, почвы города сильно переуплотнены с поверхности. Граница переуплотнения горизонта и остановка развития корней начинается с величины 1,4 г/см³ для суглинистых почв и 1,5 г/см³ для песчаных. Порозность – одно из важнейших свойств почвы, обуславливающее водный и воздушный режим. От величины пор зависит передвижение воды в почве, водопроницаемость и водоподъемная способность, мобильность воды. В лесопарках, садах и на бульварах, где почва почти не подвергается уплотнению, порозность колеблется от 45 до 75%. Уплотнение почвы снижает ее до 25-45%, что приводит к ухудшению водно-воздушного режима почвы и повышает интенсивность осаждения химических элементов в приповерхностных слоях почвы.

В.О. Попутниковым (2011) было установлено, что антропогенная деятельность приводит к сближению гранулометрического состава образующихся почв разных объектов на территории города (постагроземы, урбаноземы, почвы парковых территорий и пр.). Степень сближения зависит от вида и интенсивности антропогенной нагрузки (максимальна в урбаноземах). Почвы поселений, формирующиеся на основе ржавоземов (исходно - 5-7 % физической глины) и дерново-подзолистых почв (33-47 % физической глины) в результате имеют в среднем около 20 % физической глины.

Физико-химические показатели почв города также значительно отличаются от своих природных аналогов. Данные табл. 9 иллюстрируют различие свойств урбаноземов Москвы и дерново-подзолистых почв Подмосквья. Вероятно, в иных природных зонах некоторые тенденции этих различий могут быть иными.

Величина кислотности корнеобитаемого слоя городских почв колеблется в широких пределах, но преобладают почвы с нейтральной и слабощелочной средой. В большинстве случаев реакция среды у городских почв выше, чем у зональных. Высокую щелочность городских почв большинство авторов связывает с попаданием в них через поверхностный сток и дренажные воды преимущественно хлоридов кальция и натрия, а также других

солей, которыми посыпают тротуары и дороги зимой. Другой причиной является высвобождение кальция под действием осадков из различных обломков, строительного мусора, цемента, кирпича и пр., имеющих щелочную реакцию. Практически повсеместно наблюдается постепенное уменьшение величины рН с глубиной.

Таблица 9

Сравнительная характеристика свойств поверхностных горизонтов урбаноземов г. Москвы и дерново-подзолистых почв Подмосковья

Свойства	Почвы	
	урбаноземы	дерново-подзолистые почвы
С орг., %	2-7	2-4
рН _{вод} ²⁺	6,5-9,0	4,5-6,5
Са ²⁺ , мг-экв/100 г почвы	5-100	5-10
Mg ²⁺ , мг-экв/100 г почвы	до 30	2-3
Степень насыщенности основаниями, %	до 100	60-70
P ²⁰⁵ , мг/100 г почвы	5-150	5-10
K ²⁰ , мг/100 г почвы	2-60	7-15
S ^{04²⁻} , мг/100 г почвы	до 220	Нет
СГ, мг/100 г почвы	до 40	Нет
N ^{03⁻} , мг/100 г почвы	12-15	Нет
Тяжелые металлы	Выше ПДК	Фоновое значение

Содержание органического углерода в городских почвах варьирует и зависит от его величины в исходном субстрате, а также от применения органических и минеральных удобрений, привнесения органического мусора и т.д. Как правило, количество органического вещества в городских почвах выше, чем в фоновых.

Степень насыщенности основаниями часто превышает 80-95 % и достигает 100 %. Для почв большинства парков и городских лесов она обычно составляет меньшую величину. В составе обменных катионов преобладают Са (до 70 %) и Mg (до 30 %).

Таким образом, почвы селитебных ландшафтов, являясь одной из составных частей такой крупной геохимической системы, как педосфера, занимают в ней довольно обособленное положение. Эта самостоятельная геохимическая система не только характеризуется *наибольшим техногенным поступлением* в нее целого ряда химических элементов, но и испытывает *наибольшую общую техногенную нагрузку* в связи со своими депонирующими свойствами. Техногенная нагрузка, проявляющаяся в конечном итоге в изменении водно-физических и физико-химических свойств почвы нередко приводит к увеличению аккумулирующей способности (за счет повышения рН, роста содержания органики и пр.) и, как следствие, к росту загрязнения.

Особенно подробно в контексте очистки почв изучался свинец. К примеру, существенная роль этилированного бензина в загрязнении городской среды и в целом биосферы четко описана во многих трудах. Накопление свинца в окружающей среде городов США напрямую коррелирует с числом жителей, причем содержание Pb в почве возрастает по мере приближения к центру города. Концентрации Pb в городской среде превышают фоновые в 2–4 раза и зависят от типа землепользования (Lark, Scheib, 2013). Изучение содержащегося в почве Pb также показало связь с горной промышленностью. Кроме того, было выявлено что накопление Pb может быть обусловлено как близостью города к металлургическим комбинатам, так и «наследием» действовавших прежде литейных производств, значительно загрязнявших свинцом почвы и толщи донных отложений, как это произошло в американских городах Сент-Луис и Детройт.

Многие металлы, в особенности Zn, предположительно выделяются при истирании шин и были обнаружены в поверхностном стоке автодорог в концентрациях на порядки выше, чем в близлежащих водотоках, и превышающих иногда допустимые уровни. Из-за измененных гидрологических характеристик городских водосборных зон, наиболее загрязненные первые порции ливневых вод могут коренным образом изменить биогеохимические показатели водотоков, отрицательно сказываясь на здоровье человека и состоянии экосистем. В городских водотоках повсеместно встречаются нефтепродукты и отходы их сжигания, приносимые дождевыми водами из промышленных и жилых районов, преимущественно адсорбированные взвешенными частицами. Частицы оседают и становятся частью донных отложений, хранящих историю постоянного загрязнения этими веществами. Соотношение концентраций определенных химических соединений (напр., трихлорэтилена и родственных ПХБ соединений – конгенов) или химических групп (напр., гомологи ПАУ) в отложениях водотоков может рассказать об их источниках и миграции в окружающей среде (Diamond et al., 2010; Cincinelli et al., 2012).

В городе накапливается и радиоактивное загрязнение вследствие использования радионуклидов в больницах, из-за естественно-повышенной радиоактивности некоторых строительных материалов и за счет атмосферных осадений, сохраняющихся на слабопроницаемых покрытиях. Эти привнесенные источники излучения накладываются на естественный радиоактивный фон местности, в основном определяемый геологическим строением (напр., из богатых ураном коренных горных пород выделяется радон). Городские строения тоже играют немаловажную роль в накоплении радона, создавая замкнутые помещения, в которых концентрируется радонсодержащий газ. Радиоактивные вещества естественного происхождения могут находиться в повышенных содержаниях в определенных строительных материалах, таких как гипс и красный кирпич. Переносясь с аэрозолями, радиоактивные вещества попадают в жилые дома, оседая на стенах, мебели и кожном покрове. Использование богатых радием-226 подземных вод с 1960-х гг. существенно повысило содержание радионуклида в озерных отложениях вокруг г. Тампа в штате Флорида, США. Несомненно, минералогический и литологический состав подстилающих горных пород также формируют радиохимические условия города. Всестороннее изучение геологического строения подземного пространства необходимо для установления и разделения природных и техногенных источников радиоактивности в городе и последующей более обоснованной ремедиации почв.

Дисциплина (модуль)

«Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)»

Лекция 8. «Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды»

Растения – один из наиболее чутких индикаторов техногенного изменения состояния городской среды. Поэтому биологические методы, основанные на ответных реакциях организмов на техногенное воздействие, широко используют при оценке загрязнения окружающей среды.

Растительность (как естественная, так и в городских зеленых насаждениях) представляет независимый компонент городского ландшафта, что определяет ее основные экологические функции:

1. Фотосинтетическая функция – создание органического вещества в процессе фотосинтеза ассимилирующими органами высших растений, являющихся основными его продуцентами.

2. Газовая функция – перераспределение газов в городской атмосфере вследствие фотосинтетической деятельности растений.

3. Осуществление биологического круговорота – непрерывного циклического, но неравномерного во времени и пространстве, что приводит к закономерному перераспределению веществ, энергии и информации в пределах экогеосистем. При этом

потери вещества в биосфере в целом минимальны. В условиях городских геохимических ландшафтов биологический круговорот под влиянием техногенеза трансформируется в технобиогеохимические циклы с иным соотношением микроэлементов по сравнению с региональным биологическим круговоротом.

4. Концентрационная функция реализуется в процессе активного и пассивного поглощения химических элементов из среды обитания растениями через клеточные мембраны с последующим накоплением их в тканях. Концентрации химических элементов в растениях зависят от их систематического положения, органа и стадии развития, а также от особенностей местообитания и экологического состояния окружающей среды в целом (от загрязнения городского воздуха).

5. Средообразующая функция проявляется в различных аспектах. Зеленые насаждения наиболее сильно влияют на дифференциацию городского микроклимата. Так, температура воздуха летом в скверах и на бульварах в среднем на 1,5–3 °С ниже, а относительная влажность на 2–8% выше, чем на открытых площадях; в городских парках и лесопарках эта разница соответственно составляет 6,5–10 °С и 10–13 %.

6. Санитарно-гигиеническая функция – городская растительность является живым фильтром, поглощающим из воздуха пыль и содержащиеся в ней химические загрязнители. В литературе приводятся следующие данные, характеризующие способность зеленых насаждений очищать воздушную среду (Уфимцева, Терехина, 2005):

— 1 га леса за год очищает от пыли и вредных примесей более 18 млн. м³ воздуха;

— 1 га зеленых насаждений поглощает из воздуха до 8 кг углекислоты в час, что соответствует ее выделению за такое же время при дыхании 200 человек;

— деревья и кустарники, произрастающие на площади 1 га, улавливают за сезон около 60 т пыли;

— растения существенно снижают концентрацию различных опасных веществ в воздухе: серного ангидрида – от 0,27 до 0,08 мг/м³, сероводорода – от 0,026 до 0,007 мг/м³, окиси азота – от 0,22 до 0,007 мг/м³;

7. Индикаторная функция – состояние городской растительности служит чутким «фитометром» экологического качества и комфортности городской среды для проживания человека.

Растительный покров городов находится под мощным техногенным прессом веществ, поступающих в растения из воздуха и загрязненных почв. Городские растения испытывают негативное воздействие значительного числа поллютантов: оксидов серы, азота и углерода, тяжелых металлов, соединений фтора, фотохимического загрязнения, углеводородов и др. Наиболее ярко биогеохимические эндемии проявляются у древесных и кустарниковых видов с низкой толерантностью к воздушным поллютантам, среди которых приоритетными являются двуокись серы, содержащаяся в продуктах сгорания угля, нефти и мазута и тяжелые металлы. Также опасность для растений представляют соединения фтористого водорода, образующегося при производстве алюминия и фосфатов. Процессы поглощения и транспорта поллютантов растениями подчиняются определенным закономерностям: при медленном поступлении, но быстром оттоке по сосудам токсикант концентрируется на верхушке и периферии листьев, приводя к необратимым нарушениям: некрозам и хлорозам листьев, преждевременному сбрасыванию игл и листьев, замедлению роста и снижению продуктивности.

Хлороз – это изменение зеленой окраски листьев (как правило, на бледно-желтую), вызванное разрушением хлорофилла и не связанное с осенним пожелтением. Изменение окраски листьев в зависимости от преобладающих поллютантов (O₃, F, NO_x) может носить и иной характер: побурение, побронзовение, покраснение, серебристая окраска. В городских условиях наиболее распространена классическая форма хлороза – пожелтение.

Некроз, т.е. наличие отмерших тканей листа обычно бурого цвета, более физиономичен по сравнению с хлорозом и является результатом длительного по времени

и (или) более интенсивного воздействия техногенных атмогеохимических факторов. По форме выделяются верхушечная, краевая, межжилковая и пятнистая формы некроза.

Частота встречаемости биогеохимических эндемий находится в жесткой зависимости от типа зеленых насаждений: аллеи, уличные посадки и посадки вдоль набережных больше подвержены воздействию выхлопных газов автомобилей, что проявляется в увеличении процента стволов, пораженных биогеохимическими хлорозами и некрозами. Дворовые посадки чаще всего защищены от непосредственного контакта с выхлопными газами, что приводит к снижению интенсивности проявления указанных биологических реакций. Сады и скверы отличаются многоярусностью посадок, богатым видовым ассортиментом и большой площадью. Все это снижает контакт с выхлопами автотранспорта, приближает данные типы зеленых насаждений к естественным и обуславливает сравнительно хорошее их функциональное состояние.

Анализ общей структуры проявления биогеохимического хлороза и некроза листьев как основных критериев оценки экологического состояния городской среды показывает, что в исследованных насаждениях биологические реакции характеризуются многообразием проявления и сложным соотношением их классов. Для скверов, аллей, однорядных уличных посадок характерно преобладание высоких классов хлороза и значительное увеличение доли (в %) стволов с хлоротичными листьями, составляющей в местах высокой транспортной нагрузки 60–80 % от общего их числа.

В атмотехногенных потоках основная доля микроэлементов содержится в аэрозолях, которые выводятся из атмосферы вместе с осадками. Растительный покров является первым экраном на пути осаждения атмосферных выпадений. Металлосодержащие аэрозоли абсорбируются поверхностью листьев (свинец), механическим путем или в растворенном виде проникают в устьица (цинк, кадмий). Часть металлов поступает в растения из загрязненных почв. Факторами аккумуляции металлов растениями являются:

а) особенности поверхности растения (опушенность листьев, наличие воскового слоя, характера шероховатости, смачиваемости и клейкости);

б) количество атмосферных осадков, их рН, скорости ветра и влажности воздуха, определяющих вынос элементов из растений;

в) физические и химические свойства загрязняющих частиц и соединений металлов (размеры частиц, их форма, растворимость и др.). Считается, что мхами металлы поглощаются в процессе ионного обмена с образованием хелатов, а лишайниками в результате пассивной диффузии аэрозольных частиц в клеточные структуры.

Кислые осадки образуются при выпадении оксидов серы из атмосферного воздуха. Они способствуют подкислению коры деревьев (до 2,5–3,0), растворению аэрозолей, содержащихся на поверхности органов и более активному поглощению катионов металлов (свинца, цинка, кадмия). Подщелачивание осадков в зонах воздействия ТЭЦ, цементных заводов способствует повышению рН коры и листьев. При значениях рН больше 8 оно имеет токсичный эффект и может привести к растворению содержащихся в аэрозолях аниогенных элементов (молибдена, хрома, ванадия).

Биогеохимическая индикация и оценка состояния городской среды основаны на способности растений аккумулировать загрязняющие вещества вблизи техногенных источников. Она включает определение уровней содержания тяжелых металлов и других поллютантов в растениях города, выбор индикаторных видов и органов растений для опробования, выявление биогеохимических ореолов загрязнения вокруг промышленных и коммунальных источников.

Биогеохимическая индикация состояния городской среды в отличие от изучения снежного покрова дает информацию о загрязнении территории преимущественно в теплое время - период вегетации растений и достаточно активной водной миграции поллютантов, поступающих в растения из загрязненных почв. Зимой растения выступают только как депонирующие поверхности.

На региональном фоне растительный покров города в целом обычно выглядит как средне- и слабоконтрастная аномалии. Промышленные города имеют различную биогеохимическую специализацию, зависящую от состава приоритетных загрязнителей. На фоне этой относительно низкой биогеохимической аномальности на территории города, особенно вокруг развешиваемых золо- и шлакоотвалов, свалок и других мест открытого складирования отходов, практически не фиксируемых по снежному покрову и почвам, образуются контрастные аномальные зоны, прилегающие к техногенным источникам. Контрастность этих сравнительно локальных аномалий составляет десятки и даже сотни единиц фонов. Как уже указывалось, запыленность атмосферы города в десятки раз выше, чем в фоновых ландшафтах. Атмотехногенная поставка пыли на поверхность растений подавляет, но не полностью нивелирует видовую биогеохимическую специализацию растений. Среди определяющих ее ведущих факторов в этих условиях на первый план выходят не особенности поглощения элементов из питающей среды (почв), а величина и свойства депонирующей поверхности. В связи с этим индикационное значение листовых древесных пород выше, чем травянистых растений (Экогеохимия..., 1995).

Детальное изучение поведения химических элементов и их соединений в городских растениях было проведено М.Д. Уфимцевой и Н.В. Терехиной (2005). В г. Санкт-Петербург ими были рассмотрены геохимические особенности двух древесных пород: липы и тополя. Также были изучены фоновые ландшафты и получены данные о содержаниях элементов в этих же древесных породах. содержания химических элементов в городской растительности значительно отличаются от фоновых аналогов. Так, в коре деревьев по сравнению с фоновыми видами накапливаются такие элементы-загрязнители как Ba, Cu, Cr, Ti, Fe, Ni, Pb, причем содержания поллютантов в коре обеих древесных пород практически равны. Только в случае Sr и Cd содержания в городских видах практически равны естественным, а содержание марганца даже является пониженным. Общая картина накопления элементов в листьях является аналогичной, но листья тополя проявляют более высокую способность к аккумуляции, чем листья липы. В целом же, по интенсивности накопления в древесных породах южной тайги на первом месте в биогеохимическом спектре расположен марганец, а затем другие биофильные макро- и микроэлементы (P, Cr, K, Mg и Zn).

В промышленных зонах технофильные элементы, накапливающиеся в растениях, тесно связаны между собой и образуют ассоциации. Два фактора характеризуют загрязнение растительности. Первый фактор – влияние металлургической промышленности, — выделяет ассоциацию Ni-Cr-Cu; второй фактор выделяет ассоциацию Fe-Ba-Cu – результат воздействия автотранспорта, причем свинец присутствует в этой ассоциации не везде, а только в северо-восточной промышленной зоне. На основании этих данных, барий является одним из основных загрязнителей городской среды, пришедший на смену свинцу, борьба с загрязнением которого ведется уже много лет.

В целом, кора деревьев является депонирующей поверхностью для атмосферных поллютантов и может без вреда для растения накапливать большие количества химических веществ, выводя тем самым их временно из биогеохимического круговорота. Листья занимают промежуточное положение, в них (и на них) накапливаются значительные концентрации микроэлементов, которые, впрочем, могут быть частично вымыты (смыты) из них.

Заключение к лекционному курсу «Экологическая безопасность мегаполиса»

Представленный в лекционном курсе анализ закономерностей миграции и аккумуляции химических элементов и их соединений в различных средах городских ландшафтов позволяет сделать следующие выводы:

1. Геохимические ландшафты городов при комплексном рассмотрении представляют собой совокупность мозаичных атмосферических, гидрогеохимических, биогеохимических и литохимических (почвенных) аномалий; эмиссия поллютантов приводит к формированию в повышенных содержаниях не имеющих природных аналогов ассоциаций химических элементов, и после накопления происходит перераспределение этих элементов и вторичная концентрация на геохимических барьерах. Таким образом, *интенсивность и напряженность геохимических процессов в городах значительно выше, чем в природных*, поскольку они протекают в условиях аномалий и включают в себя как естественные миграционно-концентрационные процессы в ландшафтах, так и обусловленное техногенезом перераспределение загрязнения.

2. *Воздушная, водная и биологическая среды геохимических ландшафтов городов отличаются от естественных аналогов тем, что представляют собой, по сути, геохимические аномалии*, однако за счет динамичности атмосферических и гидрогеохимических аномалий, а также участия значительной части химических элементов в биологическом круговороте в городских ландшафтах эти среды продолжают выполнение природных транзитных функций.

3. *Техногенная нагрузка на депонирующие среды городов проявляется в конечном итоге в трансформации водно-физических и физико-химических свойств снежного покрова и почв по сравнению с природными ландшафтами*. При аккумуляции различных загрязняющих веществ снежным покровом происходит как накопление тяжелых металлов, полициклических ароматических углеводородов и пр., так и подщелачивание или подкисление, увеличение минерализации и техногенная трансформация состава вод. Происходящие изменения нередко приводят к увеличению аккумуляционной способности почв (за счет повышения рН, роста содержания органики и пр.) и, как следствие, к росту загрязнения. Данные факторы необходимо учитывать при проведении ремедиации, а также планировании создания ООПТ в границах мегаполиса.

**Учебно-методические материалы
для проведения лабораторных занятий**

Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса

Лабораторная работа 1. «Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки»

В Научно-образовательном центре коллективного пользования (ЦКП) Санкт-Петербургского горного университета слушатели программы должны быть ознакомлены с возможностями применения лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки. Лабораторная работа включает знакомство с методиками анализа образцов поверхностных горизонтов почв, определения концентраций химических элементов, величины рН, а также гранулометрического состава.

Подготовка проб должна заключаться в высушивании их до воздушно-сухого состояния, отборе и удалении крупных включений пород и корней, механическом измельчении почвенных агрегатов, просеивании через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Для проведения анализа гранулометрического состава во всех пробах почв после просушивания при 60 °С должны быть механически разрушены почвенные агрегаты резиновым пестиком в фарфоровой ступке.

Концентрации микроэлементов должны быть определены методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП). Для анализа подвижных форм металлов должны быть предварительно подготовлены вытяжки с применением 1 н. HNO₃ и ацетатно-аммонийного буфера с рН 4,8. Анализы должны быть проведены на оптическом эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 («Shimadzu», Япония). Диапазон измеряемых концентраций данного масс-спектрометра составляет 8 порядков, предел обнаружения достигает величины $n \cdot 10^{-7}$ % (табл. 1).

Гранулометрический состав проб должен быть определен в ЦКП на лазерном анализаторе распределения размеров частиц LA-950 («Horiba», Япония). Данный метод позволяет проводить определение размеров частиц при помощи детектора-фотоумножителя в диапазоне от 10 нм до 3 мм с погрешностью измерений 0,6 %.

На базе оборудования ЦКП должна быть определена актуальная кислотность и общее содержание органического углерода. Актуальная кислотность должна быть изучена в почвенных пробах потенциометрическим методом (Кречетов, Дианова, 2009) с приготовлением водно-почвенной суспензии, полученной при соотношении массы почвы и объема воды, равном 1:5. Измерения должны быть проведены рН-метром Квант с комбинированным рН-электродом с точностью 0,02 ед. рН.

Таблица 1

Диапазоны определяемых концентраций химических элементов методом ИСП

Определяемые компоненты	Чувствительность анализа, % масс.	Объекты анализа
Se	0,0002 – 1	Силикатные и карбонатные горные породы, почвы, донные отложения, илы
Sc, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Pd, Sn, Ba, La, Au, Pb	0,00001 – 1	
Li, Be, Co, Nb, Rh, Ag, Cd, Sb, Te, Cs, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt, Hg, Tl, Bi, Th, U	0,00001 – 1	
Ho, Er, Tm, Yb, Lu	0,000001 – 1	

В пробах из почвенных разрезов должно быть определено общее содержание углерода органических соединений термическим спектральным методом (рис. 1) на приборе ТОС («Shimadzu», Япония).



Рис. 1. Анализатор общего органического углерода и азота в лаборатории моделирования экологической обстановки ЦКП Санкт-Петербургского горного университета

Статистические методы обработки результатов анализов

Аналитические данные обрабатываются в программных пакетах Statistica 12 («StatSoft», США) и Excel 2016 («Microsoft», США). По результатам внутрилабораторного контроля, рассчитывается систематическая погрешность по формуле (1):

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lg C_{i1} - \lg C_{i2}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \left(\frac{C_{i1}}{C_{i2}} \right), \quad (1)$$

где n – число пар контрольных проб; C_{i1} – результат рядового анализа пробы или первого отбора пробы; C_{i2} – результат контрольного анализа пробы или повторного отбора пробы. Антилогарифм величины систематической погрешности представляет собой систематическое относительное расхождение значений самих концентраций – $\delta_{\text{сист}}$ (2):

$$\delta_{\text{сист}} = \text{antlg} \Delta_{\text{сист}}, \quad (2)$$

которое показывает, во сколько раз первые результаты анализов систематически больше вторых. Если значение $\delta_{\text{сист}}$ не выходит за пределы 0,9...1,1, то систематической погрешностью анализа можно пренебречь.

Дальнейшая статистическая обработка включает вычисление средних, средних квадратичных отклонений, коэффициентов вариации, максимальных и минимальных значений и других статистических показателей.

Методика эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды

Экологическая опасность загрязнения среды рассчитывается относительно гигиенических нормативов (табл. 2) – предельно допустимых концентраций (ПДК)

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации (ПДК, мг/м³) взвешенных веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (ГН 2.1.6.3492-17)

Наименование вещества	Величина ПДК		Класс опасности
	максимальная разовая	среднесуточная	
Взвешенные вещества ^{а)}	0,50	0,15	3
Взвешенные частицы PM10 ^{б)}	0,30	0,06 ^{в)}	-
Взвешенные частицы PM2.5 ^{г)}	0,16	0,035 ^{д)}	-

Примечания к таблице:

а) Недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населенных пунктов, ПДК взвешенных веществ не распространяются на аэрозоли органических и неорганических соединений (металлов, их солей, пластмасс, биологических, лекарственных препаратов и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК; б) среднегодовая концентрация – 0,04 мг/м³; в) 99 процентиль; г) среднегодовая концентрация – 0,025 мг/м³; д) 99 процентиль.

Моделирование ореолов рассеяния взвешенных веществ проводится с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы Эколог 3.0 («Интеграл», Россия). Результаты визуализируются слушателями программы в форме графиков и картосхем.

**Модуль 4. «Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)»
Лабораторная работа 2. «Биологический мониторинг для оценки качества
окружающей среды»**

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).

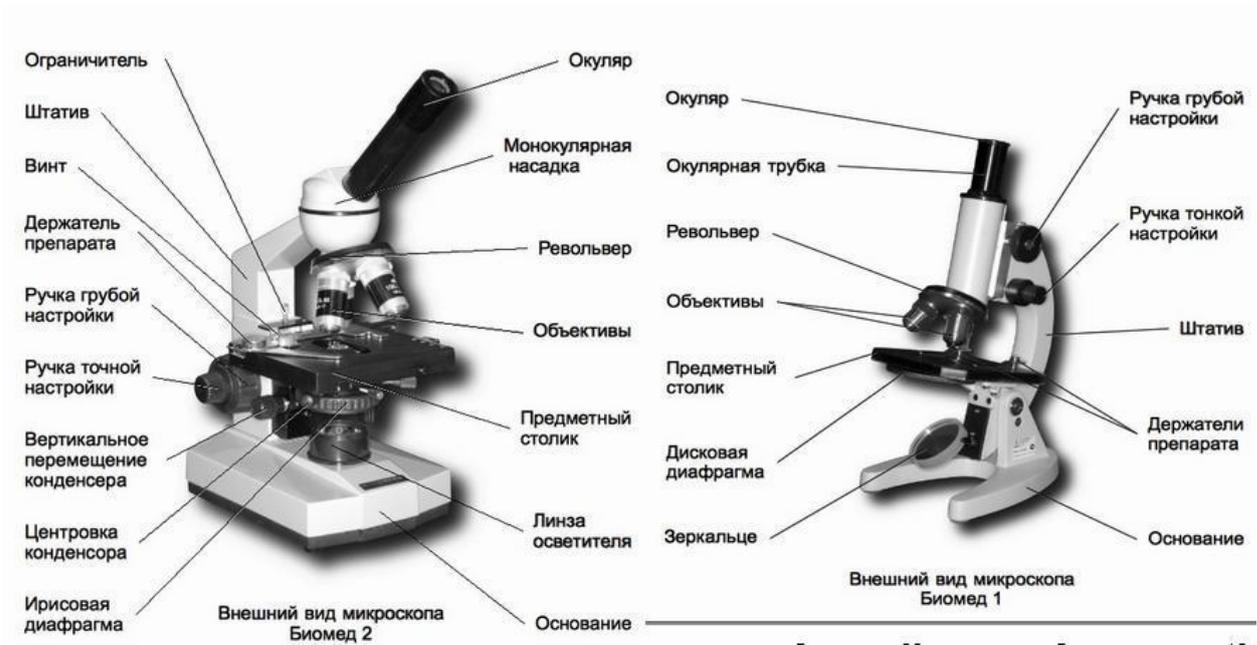


Рис. 1. Внешний вид микроскопов Биомед 1 и Биомед 2

Объектив – одна из важнейших частей микроскопа, поскольку он определяет полезное увеличение объекта. Объектив состоит из металлического цилиндра с вмонтированными 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, вмонтированных 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, конденсера 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.

Результаты визуализируются слушателями программы в форме графиков и таблиц, сдаваемых преподавателю.

**Учебно-методические материалы
для проведения практических занятий**

Модуль 1. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса

Практическое занятие 1. «Применение “Big Data” в оценке состояния окружающей среды мегаполиса»

Обучающиеся выполняют ряд изысканий на основании пространственного анализа космических снимков в геоинформационных системах (далее – ГИС) *ScanEx Image Processor*, *ScanMagic* и *ArcView*. Слушатели программы должны провести комплекс работ по оценке воздействия антропогенной деятельности в мегаполисе на окружающую среду.

Основным применяемым источником данных для оценки воздействия являются материалы космической съёмки района городской агломерации. Для выполнения задания используются следующие космические снимки:

1. Landsat 7 ETM+ за период 2007-2018 гг. – 6 спектральных каналов разрешением 30 метров, 1 панхроматический канал разрешением 15 метров, 2 тепловых (TIR) канала разрешением 60 метров;
2. Landsat 5 TM за период 1988-1993 гг. – 6 спектральных каналов разрешением 30 метров, 2 тепловых (TIR) канала разрешением 120 метров;
3. Terra ASTER за период 2002-2018 гг. – 3 спектральных канала разрешением 15 метров, 1 тепловой канал с разрешением 90 метров.

Координаты крайних точек исследованного полигона (максимальные размеры):

Левый верхний угол: Широта: 44°53'8.95"N. Долгота: 37°23'40.33"E

Левый нижний угол: Широта: 44°27'9.61"N. Долгота: 37°23'40.33"E

Правый верхний угол: Широта: 44°53'8.95"N. Долгота: 38°9'9.33"E

Правый нижний угол: Широта: 44°27'9.61"N. Долгота: 38°9'9.33"E

На основе данных космических снимков в ГИС должна быть создана *модель физической поверхности* в районе воздействия городской агломерации, в которой представлена информация о природных объектах и процессах. Модель поверхности должна быть построена по определённому алгоритму с использованием данных о регулярной сети точек. Для каждой точки должно быть приведено полевое описание ландшафтов с учётом геоморфологических особенностей, типа растительной ассоциации, степени угнетённости древесных и кустарниковых биоценозов (по десятибалльной шкале), типа почв и почвообразующих пород.

Построенная в электронном виде модель физической поверхности должна быть применена как техническая основа для создания картосхем распределения содержания тяжёлых металлов и металлоидов (далее – ТМ) в почвах. Картосхемы должны быть составлены с использованием функции локальной интерполяции, т.е. алгоритм вычисления должен применяться многократно, для отдельных выборок. Данный *тип интерполяции методом обратных взвешенных расстояний (ОВР)* – Inverse Distance Weighting (IDW) должен быть использован для моделирования плавно меняющихся поверхностей – ореолов загрязнения различными ТМ поверхностных горизонтов почв. В заданной программе значение концентрации загрязняющего элемента в каждой точке «взвешивается» в зависимости от квадрата расстояний до интерполируемой точки с известной концентрацией ТМ. Такой способ интерполяции применяется исходя из главного преимущества метода – локальности, т.е. далеко расположенные точки практически не влияют на значения друг друга.

Для определения области влияния городской агломерации, создания границ и выбора объектов в пределах установленного расстояния вокруг источника загрязнения должен быть использован анализ *методом кратчайшего расстояния*. Данный анализ распределения числовых показателей позволяет сравнивать объекты на основе их количественных характеристик, даёт возможность находить объекты с заданными критериями, осуществлять поиск закономерностей. Вручную должен быть назначен источник загрязнения и гипотетическая дистанция воздействия. В пределах установленного расстояния в ГИС должны быть определены следующие дискретные объекты: *точки* (локальные максимумы содержания загрязняющих веществ), *линии* (изоконцентраты равных содержаний элементов в рыхлых отложениях, почвах и растениях), *полигоны* (территории с различной степенью угнетения древесной и кустарниковой растительности), а также непрерывные явления, т.е. *обобщённые по площади объекты* (области с наибольшим значением суммарного индекса загрязнения Z_c).

Проведённый в ГИС *анализ пространственных изменений* даёт возможность понять причины изменения положения ареалов растительности в пространстве и изменения параметров ООПТ (степень проективного покрытия, индекс листовой поверхности и пр.) во времени, прогнозировать будущие изменения. Участниками программы должны быть изучены следующие виды техногенной трансформации:

- Изменение местоположения объектов – деградация лесного покрова как результат вырубок для расширения селитебной зоны.

- Изменение геометрии объектов – нарушение целостности биоценоза под воздействием эмиссий и пыли; угнетение хвойных и мелколиственных пород, развитие хлороза и некроза, отслеживаемые по изменению отражательной способности земной поверхности под растительностью.

- Изменение свойств объектов – замена растительных ассоциаций более устойчивыми к техногенному давлению видами. Падение биоразнообразия, отражённое в данных дистанционного зондирования Земли как уменьшение дифференциации тонов на снимке.

Полученные данные о техногенной трансформации ландшафтов под воздействием городской агломерации должны быть вынесены на карты.

- *Карты временных рядов*. Временные ряды отображают закономерности изменения формы лесных биоценозов, изменения размеров и свойств отдельных объектов – участков на склонах, террасах и пр.

- *Карты слежения*. Показательное приведение данных о положении объектов в определённый момент времени и их движении – отслеживание деградации лесных массивов.

- *Карты оценки изменений*. Демонстрация величины, процентного отношения и степени изменения объектов, изменение качества объектов – уровни концентраций загрязняющих веществ, ореолы рассеяния ТМ и пр.

Таким образом, выполнение участниками программы работы на основании пространственного анализа космических снимков является продолжением теоретического лекционного материала, прослушанного ими ранее. Полученные результаты позволяют проводить ряд мероприятий по улучшению экологической обстановки в районе городской агломерации:

- I. Оперативная оценка реального уровня воздействия на окружающую среду.
- II. Разделение воздействия, образовавшегося в результате современного развития городской агломерации и унаследованного накопленного экологического ущерба методом временных рядов.
- III. Расстановка приоритетов и оптимизация процесса рекультивации загрязнённых и нарушенных земель.

Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв

Практическое занятие 2 «Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне нарушения и загрязнения»

Для составления проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов слушателями программы выполняется интерпретация сведений об уровне нарушения и загрязнения почв. Геохимический метод обработки данных включает расчет геохимических показателей и коэффициентов. Для почв рассчитываются коэффициенты КК (кларки концентрации) и КР (кларки рассеяния) химических элементов (1):

$$КК = \frac{C_n}{K_l}; \quad КР = \frac{K_l}{C_n}, \quad (1)$$

где C_n – содержание элемента в почвах техногенных ландшафтов; K_l – кларк литосферы или кларк осадочных пород.

Также рассчитываются коэффициенты концентрации K_c (2):

$$K_c = \frac{C_n}{C_\phi}, \quad (2)$$

где C_ϕ – содержание элемента в ненарушенных (фоновых) почвах. Расчет производится по техногенным ландшафтам и в целом по территории исследования. Показатель K_c показывает, насколько почвы городской агломерации загрязнены по сравнению с фоновыми, то есть характеризует поступление загрязняющих элементов в результате совокупного техногенного воздействия. В роли критериального уровня может выступать либо геохимический фон, либо норматив, задаваемый условиями задачи. Выполняется сравнение с фоновыми концентрациями и с кларками литосферы, а также с кларками осадочных пород и городских почв. Кларки неоднократно рассчитывались многими исследователями, и их значения для некоторых элементов заметно варьируют. Во избежание выводов об аномальности уровней содержания химических элементов в почвах района используются кларки разных авторов.

При эколого-геохимической оценке окружающей среды наряду с отдельными химическими элементами проводится анализ распределения ассоциаций химических элементов. Ассоциация химических элементов – группа элементов, обнаруживаемая в изучаемом объекте в количестве, отличном от критериального уровня. С помощью анализа в пакете Statistica характеризуются корреляционные связи между выявленными геохимическими аномалиями.

Общую полиэлементную нагрузку на почвенный покров отражает суммарный показатель загрязнения Z_c (3):

$$Z_c = \sum_1^n K_c - (n - 1), \quad (3)$$

где n – количество химических элементов с $K_c > 1,3$.

Интегральный показатель загрязнения (ИПЗ) вычисляется относительно K_l – кларка литосферы с учетом токсичности поллютантов (4):

$$\text{ИПЗ} = \sum (КК \times K_T) - (n - 1), \quad (4)$$

где n – число элементов с $КК > 1,3$, рассчитанным по предложению Н.С. Касимова и Д.В. Власова (Касимов, Власов, 2015) относительно кларков верхней части

континентальной земной коры различных авторов: для Mo и Ba – кларк Р.Л. Рудник, С. Гао (Rudnick, Gao, 2003), Bi, Co, Cu и V – Ж. Ху, С. Гао (Hu, Gao, 2008), Sn – К.Х. Ведеполья (Wedepohl, 1995), As, Cr, Ni, Pb, Sr, W и Zn – Н.А. Григорьева (Григорьев, 2009); K_T – коэффициент токсичности: для элементов I класса опасности (табл. 1) равен 1,5; II – 1,0; III и не имеющих класса – 0,5 (Методические..., 1999).

Таблица 1

Классы опасности и коэффициенты токсичности химических элементов

Химический элемент	Класс опасности	Коэффициент токсичности
As	2	1,0
Bi	2	1,0
Cd	2	1,0
Co	2	1,0
Cr ³⁺	3	0,5
Cr ⁶⁺	3	0,5
Cu	3	0,5
Li	2	1,0
Mo	2	1,0
Ni	3	0,5
Pb	2	1,0
Sb	2	1,0
Sr ²⁺	2	1,0
V	3	0,5
W	2	1,0
Zn ²⁺	3	0,5
Ba ²⁺	2	1,0
Mn	3	0,5

Два обобщающих показателя загрязнения, Z_c и ИПЗ, применяются в связи с изучением агломерации селитебных ландшафтов, где проявляются перекрывающиеся полиэлементные геохимические аномалии. Показатель Z_c необходим для характеристики аккумуляции загрязняющих элементов почвами под воздействием техногенеза, тогда как ИПЗ дает возможность определить экологическую опасность их повышенных содержаний. С этой целью при расчете ИПЗ в качестве эталона используются мировые кларки, а не местный фон с концентрациями элементов, в некоторых случаях превышающими санитарно-гигиенические нормативы. Как значения Z_c , так и ИПЗ для почв ранжируются по уровням опасности загрязнения территории (табл. 2).

Таблица 2

Уровни загрязнения компонентов ландшафта ТМ и соответствующие им градации экологической опасности

Уровни загрязнения и экологической опасности	Суммарные и интегральные показатели загрязнения почв
Низкий, неопасный	< 16
Средний, умеренно-опасный	16–32
Высокий, опасный	32–64
Очень высокий, очень опасный	64–128
Максимальный, чрезвычайно опасный	> 128

Экологическая опасность загрязнения почв и атмосферного воздуха рассчитывается относительно гигиенических нормативов (табл. 3, 4) – предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК). При

равномерной сети опробования процент площади загрязненных почв определяется как число точек с превышением ПДК по отдельным элементам, отнесенное к общему количеству точек опробования на территории агломерации.

Таблица 3

Пределно допустимые концентрации (ПДК, мг/кг) ряда химических элементов в почвах (ГН 2.1.7.2041-06)

Наименование вещества	Величина ПДК
V	150
As	2,0
Hg	2,1
Pb	32

Картографическая обработка выполняется в программном пакете ArcGIS 10.0. Для составления ландшафтной схемы территории и карты функционального зонирования используются полевые материалы, полученные при прохождении рекогносцировочных маршрутов и при описании ключевых участков и точек опробования, геологическая карта, цифровая модель рельефа по данным ДЗЗ «Global Mapper», космические снимки системы Birds Eye из базы данных Sas Planet, космические снимки Google Earth, а также литературные материалы.

Таблица 4

Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК, мг/кг) ряда химических элементов для суглинистых и глинистых почв с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды (ГН 2.1.7.2042-06)

Наименование вещества	Величина ОДК
Cd	2
Cu	132
As	10
Ni	80
Pb	130
Zn	220

Почвенно-геохимическое картографирование выполняется методом обратно взвешенных расстояний (ОВР / IDW) на основе результатов химико-аналитических работ. Для предотвращения эффекта искажения в краевых частях построенных карт концентраций химических элементов вручную скорректированы направления горизонталей. Результаты визуализируются слушателями программы в форме графиков и таблиц.

Модуль 2. «Предотвращение загрязнения городских ландшафтов»

Семинарское занятие «Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города»

Задание для проведения занятия в формате кейса «Экологическая безопасность АЗС в условиях мегаполиса»

Разработчики задания

№ п/п	Имя, должность, место работы
1.	Алексеев Алексей Владимирович ассистент кафедры геоэкологии, к.т.н. <i>Санкт-Петербургский горный университет</i>
2.	Паляницина Александра Николаевна ассистент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, к.т.н. <i>Санкт-Петербургский горный университет</i>
3.	Титович Ирина Александровна начальник отдела подготовки кадров высшей квалификации, к.б.н. <i>Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет</i>

Методологическую основу соревнования составляет «метод кейсов» (case study) – техника обучения, использующая описание практических задач, основанных на реальных (или максимально приближенных к реальным) ситуациях, которые обучающиеся должны исследовать, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них.

Слушатели программы при помощи генератора случайных чисел объединяются в команды от 3-х до 5-х человек перед началом занятия. Члены экспертной комиссии из числа сотрудников кафедры геоэкологии Горного университета проводят оценку решения командами заданий кейсов по 5-балльной системе в соответствии со следующими критериями:

Технология – применимость в условиях кейса и поставленной задачи, оценка технологической эффективности и эффекта от внедрения в натуральных показателях, обоснованность предлагаемых решений и оценка рисков.

Экономика – оценка экономической эффективности и эффекта от предлагаемых решений, оценка рисков и экономическое обоснование, определение источников финансирования.

Оригинальность и новизна решения (инновационность) – использование в решении новых технологий, наличие идей, расширяющих привычную точку зрения на проблему, применимость и актуальность предложенной идеи/инновации в условиях задания.

Презентация и выступление – формат и оформление презентации, навыки публичного выступления, качество доклада.

Ответы на вопросы экспертов – грамотность ответов на вопросы экспертов, умение высказывать и аргументировать свои суждения, свободное владение профессиональной терминологией.

Победителем признается команда, набравшая наибольшее количество суммы баллов. В случае равного количества баллов у команд, право определения победителя принадлежит руководителю программы.

Формулировка проблемы, решаемой слушателями программы. Санкт-Петербург – мегаполис с населением свыше 6 млн жителей, использующих более 2 млн машин. На

территории города общей площадью в 1 500 кв. км находятся около 500 АЗС, причем, чем старше район, тем ближе заправки к жилым домам. В воздухе около АЗС некоторые органические соединения были обнаружены в концентрациях, превышающих средние уровни. Данные летучие органические соединения – бензол, толуол, этилбензол и ксилолы – оказывают мутагенное и канцерогенное действие, повышающее риск заболеваний. Жилые дома, школы, больницы и общественные центры должны быть удалены от автозаправочных станций на расстояние не менее 100 метров, однако на практике этого добиться чрезвычайно сложно. Более того, при точечной застройке новые дома оказываются возведены в непосредственной близости, как на пересечении Малого пр. В.О. и ул. Беринга.

Задание: предложите решение экологической проблемы АЗС, которое обеспечит здоровье жителей умного города.

Презентация задания:

Международная образовательная специальная краткосрочная программа
под эгидой Международного центра ЮНЕСКО

«Экологическая безопасность мегаполиса» / «Environmental Challenges of Megacities»

Модуль 2. «Предотвращение загрязнения городских ландшафтов»
Семинарское занятие «Обеспечение экологической безопасности
транспортной инфраструктуры города»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АЗС В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

СОСТАВИТЕЛИ: АЛЕКСЕЕНКО А.В., ПАЛЯНИЦИНА А.Н., ТИТОВИЧ И.А.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2020

Что такое нефть?

- 

Нефть – маслянистая жидкость, чаще всего насыщенного чёрного цвета; впрочем, бывает и буро-коричневая, очень редко можно обнаружить зеленоватую и даже бесцветную нефть.
- 

Добывают её с глубин от нескольких метров до 6 км. Обычная глубина залегания 1-3 км.
- 

Важнейшим качеством этого вещества является его горючесть.
- 

Из нефти изготавливаются тысячи различных продуктов.



С химической точки зрения нефть составляют:

- Углерод – 84%
- Водород – 14%
- Сера – 1-3% (в виде сульфидов, дисульфидов, сероводорода и серы как таковой)
- Азот – менее 1%
- Кислород – менее 1%
- Металлы – менее 1% (железо, никель, ванадий, медь, хром, кобальт, молибден и др.)
- Соли – менее 1% (хлорид кальция, хлорид магния, хлорид натрия и др.)

1

Как получают бензин?

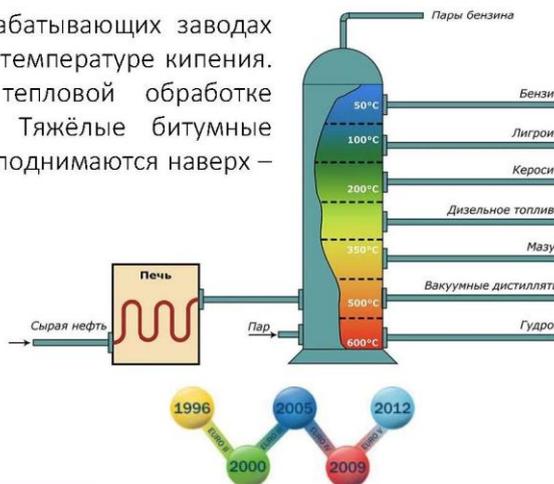
1. Первичная обработка нефти. На нефтеперерабатывающих заводах нефть разделяют на несколько групп, разных по температуре кипения. Нефть нагревают до 370°C — так при тепловой обработке конденсируются разные по весу молекулы. Тяжёлые битумные молекулы остаются в основании, а самые лёгкие поднимаются вверх – из них-то на выходе и получается бензин.

2. Вторичная обработка нефти. Происходит переработка групп, полученных в результате первичного этапа. Так делают нефтепродукты, пригодные для продажи. Каждая из групп проходит ещё одну систему очистки и, как правило, получает присадку для увеличения октанового числа бензина.

3. Лабораторная проверка.

Из **1 тонны** нефти можно получить лишь **240 литров** бензина.

Остальное – авиационное топливо, газ и дизель, мазут.



95% DECREASE IN EXHAUST EMISSIONS

Euro 5

Euro 6

Стандарты по выхлопам (g/kWh)	Евро 3	Евро 4	Евро 5
Оксид азота	5.00	3.50	2.00
Углеродный газ	2.10	1.50	1.50
Углеводороды	0.66	0.46	0.46
Твёрдые частицы	0.10	0.02	0.02

2

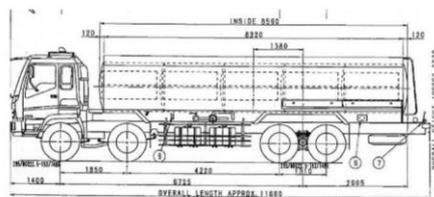
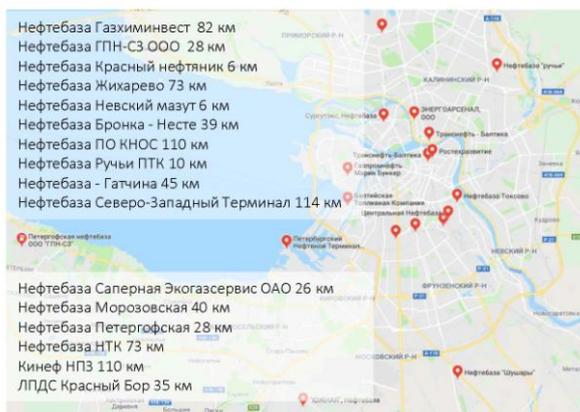
Где хранят бензин и откуда он поступает на заправки?

Нефтебазы занимаются приёмкой, хранением, распределением и отпуском жидких нефтепродуктов.

Перед отправкой с нефтебазы из каждой секции отбирается проба и секция пломбируется.

На АЗС топливо попадает с помощью бензовозов. Современные бензовозы – это очень высокотехнологичные машины. Они способны перевозить сразу несколько видов топлива за счет разделения цистерны на несколько секций.

Нефтебазы Санкт-Петербурга



3

Как работает заправка?



1 Перед сливом топлива из бензовоза в резервуары проверяют пробы топлива, снимают пломбы и проверяют заполненность резервуаров

2 На территории автозаправочной станции резервуары с топливом находятся под землёй. Это сделано и для экономии места, и для безопасности, и для минимизации температурных воздействий на топливо

Как правило, топливные резервуары находятся на глубине около 1,5 метров под землёй

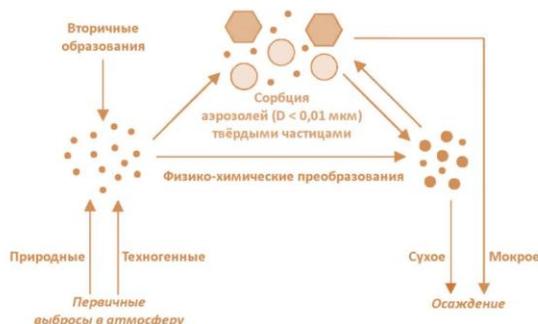
3 Топливо через систему клапанов и фильтров подается на топливораздаточную колонку с помощью насосов, расположенных в каждом резервуаре

По пути из резервуара в бензобак топливо освобождается от растворённых газов примерно так же, как и дегазируется нефть, поднятая из скважины

4

Загрязнение воздуха вблизи АЗС

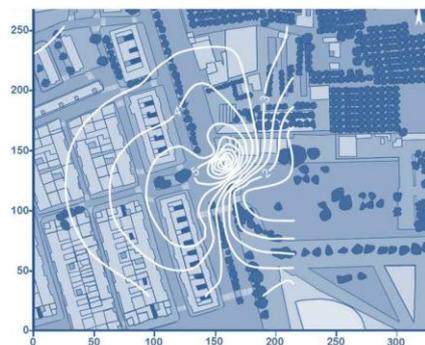
«Некоторые органические соединения, такие как **бензол**, были обнаружены в воздухе около АЗС в концентрациях, **превышающих средние уровни** в городских районах, где транспорт является основным источником загрязнения»



«Мы выявили загрязнение воздуха на расстоянии около **100 метров**,



хотя **средний радиус влияния** эмиссий составляет примерно **50 метров**»



5



Рак



Нарушение кроветворения



Астенический синдром



Нейродегенеративные заболевания



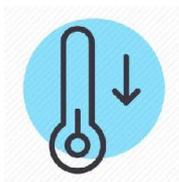
Появление «спонтанных» синяков

6

Так ли полезна утренняя пробежка?

Попадающие в воздух летучие органические соединения - бензол, толуол, этилбензол и ксилолы - оказывают мутагенное и канцерогенное действие, повышающее риск заболеваний

Концентрации бензола наиболее велики, когда температура минимальна



Так что, если вы полагали, что ранняя пробежка – это полезное упражнение, и вы подышите свежим воздухом, подумайте ещё раз!

Потому что в воздухе между 4 и 6 часами утра больше всего бензола

7

Опасность для города

SpringerLink

Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning pp 13-21 | Cite as

Evaporative Losses from Retail Gasoline Outlets and Their Potential Impact on Ambient and Indoor Air Quality

Authors: Laleh Yerushalmi, Soheil Rastan, Jonathan Barberá Rico

Authors and affiliations:

1. Department of Building, Civil, and Environmental Engineering, Concordia University, Montreal, Canada
2. Environment Accounts and Statistics Division, Statistics Canada, Ottawa, Canada

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman

Assessing the impact of petrol stations on their immediate surround

Isabel M. Morales Terrés, Marta Doval Miñarro*, Enrique González Ferradas, Antonia Bar Jonathan Barberá Rico

Department of Chemical Engineering, School of Chemistry, University of Murcia, 30071 Murcia, Spain

Резюме: жилые дома, школы, больницы и общественные центры должны быть как можно дальше удалены от автозаправочных станций

International Journal of Environmental Science and Technology (2019) 16:2783–2796
<https://doi.org/10.1007/s13762-018-1834-4>

ORIGINAL PAPER

Impact of fuel dispensing stations in the vicinity residential homes on the indoor and outdoor air quality

R. A. Alenezi¹ · N. Aldaihan²

JOURNAL OF TOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL HEALTH, PART A
<https://doi.org/10.1080/15287394.2019.1684380>

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Check for updates

Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations

Nelson Barros^{a,b}, Márcia Carvalho^{a,c,d}, Cláudia Silva^{a,d}, Tânia Fontes^a, Joana C. Prata^a, André Sousa^a, and M. Conceição Manso^{a,d,g}

^aFP ENAS - UFP Energy, Environment and Health Research Unit, University Fernando Pessoa, Porto, Portugal; ^bScience and Technology Faculty, University Fernando Pessoa, Porto, Portugal; ^cUCIBIO, REQUIMTE, Laboratory of Toxicology, Faculty of Pharmacy, University of Porto, Porto, Portugal; ^dHealth Sciences Faculty, University Fernando Pessoa, Porto, Portugal; ^eINESC TEC - INESC Technology and Science, Porto, Portugal; ^fCentre for Environmental and Marine Studies (ICESAM) and Department of Chemistry, University of Aveiro, Aveiro, Portugal; ^gLAQV-REQUIMTE, University of Porto, Porto, Portugal

Environ Sci Pollut Res (2015) 22:13870–13880
DOI 10.1007/s11356-015-4615-3

RESEARCH ARTICLE

Investigation of gasoline distributions within petrol stations: spatial and seasonal concentrations, sources, mitigation measures, and occupationally exposed symptoms

Theerapong Sairat¹ · Sahalaph Homwuttivong² · Kritsana Homwuttivong³ · Maneerat Ongwandee¹

8

АЗС в умном городе

Кейс:

предложите решение экологической проблемы АЗС, которое обеспечит здоровье жителей умного города



6 млн жителей



2 млн машин



1 500 кв. км города



500 АЗС

чем старше район,
тем ближе заправки
к жилым домам



9

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ

(1) возможность осуществления

(2) экономическая обоснованность

(3) новизна

(4) презентация

(5) ответы



У ВАС ЕСТЬ 90 МИНУТ НА ПОДГОТОВКУ.

ВРЕМЯ УСТНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ: 5 МИНУТ + 5 МИНУТ НА ВОПРОСЫ.

ЖЕЛАЕМ УДАЧИ!

10

**Учебно-методические материалы
для проведения выездных мастер-классов**

Модуль 2. Предотвращение загрязнения городских ландшафтов

Выездной мастер-класс, ГУП «Петербургский метрополитен»

Выездной мастер-класс проводится начальником сектора охраны окружающей среды электромеханической службы Еленой Павловной Тарасовой. Негативное воздействие деятельности ГУП «Петербургский метрополитен» на окружающую среду оказывают два источника: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сброс сточных вод в водные объекты (рис. 1).

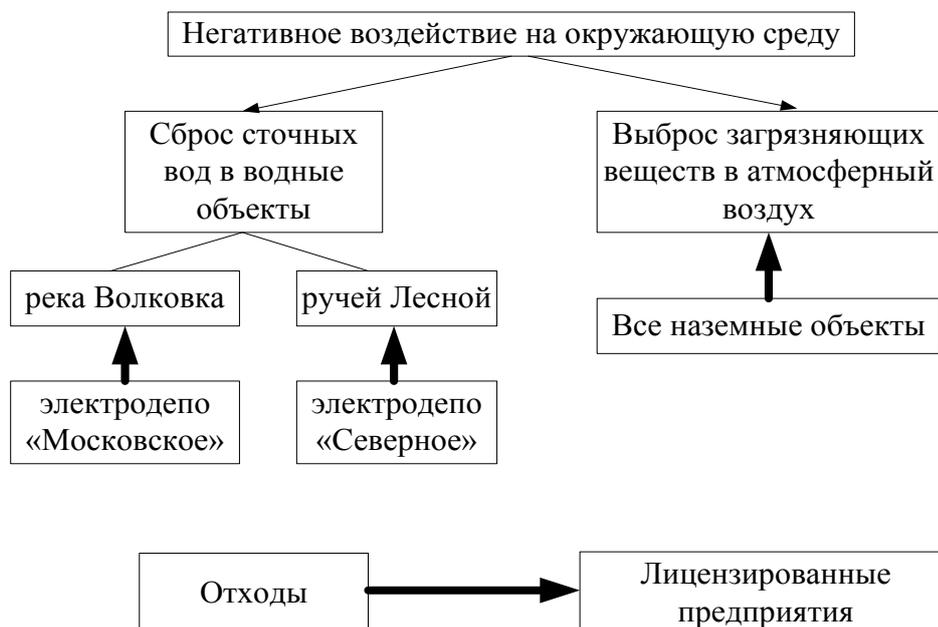


Рис. 1. Схема снижения загрязнения ОС ГУП «Петербургский метрополитен»

Организация деятельности подразделения в области охраны окружающей среды следующая:

- 1) Взаимодействие с государственными надзорными органами;
- 2) Анализ источников, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, и выявление новых;
- 3) Подготовка и предоставление отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля;
- 4) Подготовка расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- 5) Разработка декларации о воздействии на окружающую среду и декларации о плате за негативное воздействие;
- 6) Разработка и реализация планов снижения и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду.
- 7) Расследование случаев нарушения требований в области охраны окружающей среды.
- 8) Планирование санитарно-противоэпидемических мероприятий по устранению нарушений в пассажирских помещениях станций и подвижных составов метрополитена.

В результате деятельности метрополитена образуется 192 вида отходов I-V класса опасности. За 2018 год было образовано 21 139 тонн отходов. Из них только 20 % было

передано на утилизацию/обезвреживание. Это ртутные лампы, конденсаторы, отработанные масла, нефтесодержащие осадки, отходы гальванического производства, щелочи и др. Программа мастер-класса включает посещение водоочистных сооружений (рис. 2) ГУП «Петербургский метрополитен».



Рис. 2. Водоотстойники электромеханической службы метрополитена

Первоначально вода проходит решетки грубой очистки прозором 10 см. Затем с помощью насосов вода перекачивается в приемную камеру. После приемной камеры вода распределяется на решетке с мелким прозором в 6 мм. Здесь задерживается уже мелкий сор. При накоплении мусора решетка проворачивается и все сбрасывается на ленточный конвейер, который находится за решеткой. Вода же после решетки попадает в песколовки. На этом этапе избавляются от песка, который оседает вниз, и от жира, который всплывает. Песок обеззараживается и транспортируется на полигон.

Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв

Выездной мастер-класс, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Юго-Западные очистные сооружения

Выездной мастер-класс проводится технологом Натальей Петровной Пене. Юго-Западные очистные сооружения (ЮЗОС) – один из важнейших объектов системы канализования в регионе Балтийского моря. Расположен на Волхонском шоссе, 123. Строительство началось в 1987 году, однако работы были приостановлены и возобновились только в начале 1990-х годов и в скором времени были прекращены из-за финансовых трудностей. Проект завершен 22 сентября 2005 года. На всей станции работает не более 100 человек сотрудников. Производительность — 330 тысяч кубометров в сутки. Станция принимает хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые сточные воды (рис. 1). Сточные воды поступают на предприятие по канализационному коллектору диаметром 4 м, глубина заложения – 40 м.



Рис. 1. Аэрофотосъемка территории ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Юго-Западные очистные сооружения

Первоначально вода проходит решетки грубой очистки прозором 10 см. Затем с помощью насосов вода перекачивается в приемную камеру. После приемной камеры вода распределяется на решетке с мелким прозором в 6 мм. Здесь задерживается уже мелкий сор. При накоплении мусора решетка проворачивается и все сбрасывается на ленточный конвейер, который находится за решеткой. Отходы отправляются под пресс, где избавляются от воды и отправляются на полигоны. Вода же после решетки попадает в песколовки. На этом этапе избавляются от песка, который оседает вниз, и от жира, который всплывает. Песок обеззараживается и транспортируется на полигон. Жир также будет сожжен.

В дальнейшем вода попадает в распределительную камеру первичных отстойников. В них оседают взвешенные вещества. У ЮЗОС отстойники радиального типа (рис. 2). Каждый отстойник оборудован двумя «приямками» и скребковыми механизмами. Скребковой механизм за 1 час совершает один круг и скребают осевший осадок в

приямки, откуда осадок откачивается в бак осадка. При большом расходе сточных вод часть стоков распределяется на усреднители. Когда проходит пик притока сточных вод, вода откачивается обратно в первичные отстойники. Температура воды в отстойниках не опускается ниже 13 гр. С, что позволяет работать зимой. На этом этапе заканчивается механическая очистка воды.



Рис. 2. Радиальные отстойники ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Юго-Западные очистные сооружения

Далее вода поступает на биологическую очистку в аэротенках. На ЮЗОС насчитывается 6 двухсекционных аэротенков. В основном очищение от биогенных элементов (азота и фосфора), которые способствуют размножению сине-зеленых водорослей и заболачиванию. Очистка осуществляется посредством дозирования в аэротенки активного ила, для которого биогены – питательная среда. В аэротенках несколько зон: анаэробная (очистка от фосфора), аноксидные зоны (есть химически связанный кислород, очистка от фосфора, улетучивание азота), аэробные (азот окисляется до нитритов и нитратов, и в дальнейшем улетучивается, фосфаты выводят с помощью сернокислого алюминия в виде осадка).

После аэротенков вода распределяется на вторичные отстойники. Принцип работы тот же, что и у первичных, только оседает уже активный ил, который откачивается в илоуплотнители. Часть ила отправляется обратно в аэротенк, а другая в бак смешения, куда отправляется и осадок после первичных отстойников. Смесь ила и осадка отправляется на центрифуги, где обезвоживается. Полученная сухая смесь отправляется на завод сжигания. 10 грузовиков обезвоженного осадка = 1 грузовику золы. На предприятии есть свой завод по сжиганию осадка, который позволяет работать предприятию на самообеспечении, то есть на своем электричестве.

Что касается воды, то последний этап – ультрафиолетовое обеззараживание. После вода выпускается уже в Невскую губу Финского залива. Длина трубопроводов – 9 км (5 км по суше и 4 км под водой). Выпуск рассеивающий (лучшее смешивание с водами залива). Нормативы строго соблюдаются согласно требования Хельсинской комиссии. Отбор проб по качеству воду осуществляется после механической очистки и уже на выходе очищенной воды. Три раза в месяц пробы отправляются в аккредитованную

лабораторию на анализ. На станции присутствует биомониторинг. По качеству воды африканскими раками и рыбами. По качеству воздуха – улитками (с 2011 года). На выходе производственных газов стоит большое количество датчиков, связанных с компьютерами диспетчерской и сигнализирующих о превышениях. Раз в полгода предприятие посещают представители контроля. В настоящее время очистные сооружения полностью соответствуют стандартам ХЕЛКОМ.

Модуль 3. Снижение экологической опасности коммунальных отходов и ремедиация почв

Выездной мастер-класс, полигон захоронения твёрдых коммунальных отходов г. Санкт-Петербурга «Новый Свет Эко», Гатчинский район

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).



Рис. 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 выросли культурные растения (рис. 2).



Рис. 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».

Модуль 4. Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Выездной мастер-класс, городская особо охраняемая природная территория «Сестрорецкое болото»

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).



Рис. 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.

Модуль 4. Городские особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Выездной мастер-класс, городская особо охраняемая природная территория «Остров Западный Котлин»

Выездной мастер-класс проводит Нино Юрьевна Нацваладзе, начальник отдела развития системы особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга. 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. 1), представляющими особую ценность, являются псаммофитные растительные сообщества на песчаных побережьях, береговые валы и черноольховые леса.



Рис. 1. 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 пятитычинковой, 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 намыывают 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.

Оценочные материалы

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

Текущий контроль успеваемости осуществляется на основе контрольных вопросов по каждому изучаемому модулю и должен быть пройден обучающимися в ходе учебного периода.

Форма итоговой аттестации по программе – зачет.

К зачету допускаются только те слушатели, которые успешно сдали все аттестации по изученным модулям.

Перечень вопросов для итогового контроля знаний

1. Основные термины и понятия экологии города. Городское население и урбанизация. Факторы роста численности городского населения.
2. Классификация городских техногенных ландшафтов. Природно-антропогенный комплекс. Урбанизированный ландшафт.
3. Основные процессы формирования природно-техногенной среды на урбанизированных территориях.
4. Задачи устойчивого развития городов. Геохимия городских ландшафтов. Эколого-геохимические оценки городов.
5. Описание геохимических процессов и их последствий в городах.
6. Рассмотрение накопленных эффектов от изменения гидрологических и геохимических циклов в городской окружающей среде.
7. Количественная оценка геохимических изменений в городе.
8. Ресурсопотребление больших городов. Отраслевая структура городского хозяйства.
9. Применение «Big Data» в оценке состояния окружающей среды мегаполиса.
10. Широкодоступные географические информационные системы (ГИС). Возможности ГИС.
11. Базовая картографическая информация как основа оценки состояния окружающей среды в условиях мегаполиса.
12. Базы данных с пространственной привязкой для картографирования возможного загрязнения мегаполиса.
13. Доступ к базам данных состава почв, воздуха, подземных и поверхностных вод.
14. Содержание в водах приоритетных загрязняющих веществ. Изменение класса водной миграции почв.
15. Приземный слой атмосферы в селитебных ландшафтах. Опробование снежного покрова.
16. Состав атмосферных выбросов населенных пунктов. Изменение состава газов над городом.
17. Вклад автотранспорта в суммарные выбросы. Коэффициенты эмиссии загрязняющих веществ.
18. Сбор и интерпретация данных о состоянии окружающей среды в условиях мегаполиса.
19. Применение лабораторного исследовательского комплекса для моделирования экологической обстановки.
20. Интегральная оценка нарушения и загрязнения городских ландшафтов.
21. Достижение баланса ресурсопотребления и экологической безопасности в мегаполисе.
22. Экологические аспекты обеспечения города электроэнергией.

23. Энергоэффективность города.
24. Методологические принципы эколого-геохимической оценки окружающей среды.
25. Технофильность. Техногенные аномалии. Приоритетные загрязнители.
26. Принципы ландшафтно-геохимического мониторинга. Сопряженный анализ.
27. Водная миграция. Химический состав городских сточных вод: ионы, газы, растворенные органические вещества.
28. Коэффициент водной миграции, ряды миграции. Растворимость соединений. Парагенетические ассоциации загрязняющих элементов.
29. Принципы систематики сточных вод. Классы водной миграции. Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия сточных вод.
30. Защита городских территорий от опасных геологических процессов.
31. Рациональное использование водных ресурсов в городах.
32. Мероприятия по защите воздушного бассейна больших городов.
33. Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах.
34. Передвижные пункты контроля качества атмосферного воздуха в городах.
35. Методы снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.
36. Геохимические барьеры для предотвращения загрязнения городских ландшафтов и виды аномалий элементов, образующихся на барьерах.
37. Радиальные и латеральные барьеры. Систематика барьеров.
38. Обеспечение экологической безопасности транспортной инфраструктуры города.
39. Антропогенное воздействие на атмосферу в городе. Загрязнение воздушного бассейна.
40. Геохимия аэрозолей и пыли. Химический состав атмосферы мегаполиса.
41. Обращение с отходами в условиях мегаполиса.
42. Снижение экологической опасности основных источников воздействия на окружающую среду: автомобильный транспорт, промышленные комплексы, объекты теплоэнергетики.
43. Изменение микроклимата, геодинамических свойств, вибрационных, акустических и электромагнитных полей.
44. Особенности предотвращения загрязнения атмосферы, гидросферы, почвенного слоя.
45. Проблема накопления коммунальных отходов.
46. Внедрение малоотходных технологий.
47. Очистка городских коммунальных сточных вод.
48. Геохимия аквальных ландшафтов города.
49. Геохимические аномалии в донных отложениях малых, средних и крупных рек, дельт и прибрежных зон морей под воздействием стоков мегаполиса.
50. Способы очистки рек и каналов.
51. Формирование флоры и фауны городов, ландшафтный дизайн.
52. Составление проекта рекультивации и ремедиации городских ландшафтов на основе данных об уровне их нарушения и загрязнения.
53. Категории земель в составе земельного фонда. Отнесение земель к категориям.
54. Общие требования к проектам рекультивации нарушенных земель. Особенности проектирования рекультивационных работ в условиях мегаполиса.
55. Технические условия для составления проекта рекультивации. Техническое задание на проектирование рекультивационных работ.
56. Содержание технического процесса рекультивации. Составление общей пояснительной записи.
57. Общие сведения о характеристике проектируемого объекта. Графические материалы, касающиеся общих сведений.
58. Оценка экономической эффективности рекультивации нарушенных земель.
59. Виды техники для технического этапа рекультивации.

60. Виды техники для биологического этапа рекультивации.
61. Агрохимическое обследование почв и его цели и задачи. Исходные данные для агрохимического обследования.
62. Экономическая оценка земель.
63. Использование ресурсов кадастра при восстановлении земель.
64. Виды воздействия на земельные ресурсы.
65. Разработка проектов создания техногенных ландшафтов.
66. Консервация земель, загрязненных токсичными промышленными отходами.
67. Снятие и сохранение плодородного слоя почв.
68. Инженерно-экологические и правовые мероприятия по уменьшению негативного влияния на компоненты окружающей среды.
69. Оценка уровня экологической безопасности и анализ путей оздоровления обстановки.
70. Создание экологически сбалансированных территориальных урбанизированных систем.
71. Анализ исторического процесса формирования и изменения состояния окружающей среды в Санкт-Петербургской агломерации.
72. Основные положения программы оздоровления экологической обстановки и обеспечения экологической безопасности города.
73. Структура программы «Чистый город» для урбанизированных территорий.
74. Элементы благоустройства и технический регламент уборки территорий мегаполиса.
75. Формирование экологической культуры населения.
76. Биологический мониторинг для оценки качества окружающей среды.
77. Городская среда и здоровье населения. Основные неблагоприятные факторы, воздействующие на человека в мегаполисах.
78. Изучение влияния города на циклы веществ при постоянном развитии и износе инфраструктуры, и периодических нарушениях окружающей среды.
79. Соотнесение городских экологических исследований с охраной окружающей среды и здравоохранением.
80. Формирование кластеров заповедных территорий в условиях города.
81. Поддержание функционирования охраняемых земель мегаполиса.
82. Биогенная миграция. Образование живого вещества в городском ландшафте.
83. Функции растительного покрова, принципы создания насаждений в городах. Фотосинтез и хемосинтез.
84. Средний состав живого вещества в условиях мегаполиса.
85. Биомасса (Б) и ежегодная продукция (П) как параметры ландшафта, их значение для экологической безопасности города.
86. Разложение органического вещества в городском ландшафте. Организмы-концентраторы.
87. Биологический круговорот элементов в селитебном ландшафте.
88. Коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической подвижности.
89. Биофильность, биогенность и биогенная аккумуляция элементов.
90. Живое вещество и химический состав вод и атмосферы ландшафтов в условиях ООПТ мегаполиса.