

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН С.А. Добролюбов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОНО- И МЕГАГОРОДОВ

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки (специальность):
05.04.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Направленность (профиль) ОПОП:
Магистерская программа «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДОВ»
Междисциплинарная научно-образовательная школа Московского университета
«Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 20 от 29 сентября 2023 г.)

Научный руководитель программы:
академик РАН Н.С. Касимов

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» (*программа магистратуры*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2023, 2024.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП: относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору обучающегося.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия
Дисциплина опирается на знания, полученные при освоении дисциплин «Инфраструктура и функциональное зонирование городов», «Климат и атмосфера крупных городов», «Геохимия атмосферных выпадений и дорожной пыли», «Свойства, функции и загрязнение городских почв», «Геоинформационный анализ городских экосистем и ландшафтов», «Экологическая оценка водных систем», «Современные проблемы экологии и природопользования», во время учебной и производственной практики.
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотношенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-2.М. Способен использовать знания специальных и новых разделов экологии, геоэкологии и природопользования для решения научно-исследовательских и прикладных задач в профессиональной деятельности.	Использует знания специальных и новых разделов экологии, геоэкологии и природопользования для решения задач профессиональной деятельности	Знать: стандартные методы обработки данных о содержании химических элементов в компонентах горнопромышленных ландшафтов; Уметь: определять геохимическую специализацию выбросов промышленных предприятий основных отраслей экономики и, соответственно, главные поллютанты окружающей среды моногородов; находить информацию о расположении крупнейших центров добычи и переработки различных типов руд, ископаемого топлива; проводить комплексную геохимическую оценку состояния окружающей среды моно- и мегагородов. Иметь опыт: оценки уровня загрязнения окружающей среды моно- и мегагородов канцерогенными и неканцерогенными поллютантами. Владеть: навыком обобщения информации о геохимической специализации сырья, используемого на промышленных предприятиях разных отраслей.
МПК-3. Владение современными теоретическими основами и принципами геохимии окружающей среды, геоэкологии, биогеографии и почвоведения, методологией комплексных эколого-географических и эколого-геохимических исследований	Владет современными теоретическими основами и принципами геохимии окружающей среды, геоэкологии, биогеографии и почвоведения, методологией комплексных эколого-географических и эколого-геохимических исследований	Знать: основные геохимические коэффициенты, используемые для оценки качества окружающей среды моно- и мегагородов; геохимическую систематику городов, городских ландшафтов и горнопромышленных ландшафтов; основные эколого-геохимические проблемы моно- и мегагородов. Уметь: рассчитывать моноэлементные, бизлементные и полиэлементные показатели загрязнения компонентов окружающей среды моно- и мегагородов; обобщать информацию из различных источников о загрязненности дорог мегагородов для оценки воздействия автотранспорта на окружающую среду; Иметь опыт: составления эколого-геохимического портрета горнопромышленного центра по функциональным зонам; оценки экологической

	опасности загрязнения компонентов горнопромышленных ландшафтов с расчетом геохимических коэффициентов. Владеть: навыком оценки уровней загрязнения компонентов окружающей среды городов нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами; принципами изучения геохимического фона и функциональных зон моно- и мегагородов на основе геохимических спектров и диаграмм размаха.
--	--

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 44 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения очный.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						Самостоятельная работа обучающегося (СРО) Виды самостоятельной работы, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы*					Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации			
Тема 1. Введение. Понятие о моно- и мегагородах. Эколого-геохимические проблемы моно- и мегагородов	5	1	0	0	0	1	4	4
Тема 2. Применение геохимических принципов в	5	1	0	0	0	1	4	4

степени техногенного воздействия на население и городскую среду. Группы и типы городов. Отражение особенностей рельефа и воздушной миграции загрязнителей в геохимической систематике городов. Классы водной миграции продуктов техногенеза. Геохимическая специализация литогенного субстрата городов. Ландшафтно-геохимическая структура города.

Задания для СРО: Подобрать примеры «серных», «азотных», «пыльных», «углеродных» и иных разрядов городов. Обосновать отнесение городов к выбранному разряду.

Тема 3. Геохимия моногородов: добыча и переработка руд цветных металлов

Геохимическая классификация химических элементов В.М. Гольдшмидта. Сульфидные месторождения, геохимия халькофильных элементов. Геохимические парагенезисы руд цветных металлов. Крупнейшие месторождения руд цветных металлов в мире и России. Типы сплавов. Основные производители цветных металлов. Горнодобывающие ландшафты: выделение, геохимическая классификация. Экологическая опасность загрязнения компонентов горнопромышленных ландшафтов тяжелыми металлами и металлоидами. Хвостохранилища и отвалы, загрязнение воздуха и почв при выдувании твердых частиц. Загрязнение водных объектов в зоне влияния предприятий по добыче и переработке руд цветных металлов.

Практическая работа: Оценка геохимического фона, геохимическая характеристика функциональных зон города с добычей и переработкой руд цветных металлов на основе геохимических спектров и диаграмм размаха.

Задания для СРО: Ознакомиться с изменением технофильности элементов, входящих в состав полиметаллических руд и руд цветных металлов, за последние полвека (литературные данные). Обобщить информацию об основных мировых производителях и потребителях химических элементов, входящих в состав руд цветных металлов. Найти информацию о сферах применения химических элементов, входящих в состав руд цветных металлов – потенциальных источниках металлов в окружающей среде.

Тема 4. Геохимия моногородов: черная металлургия

Геохимия сидерофильных элементов. Крупнейшие месторождения руд черных металлов и железорудного сырья в мире и России. Технологические процессы добычи и выплавки черных металлов. Горно-обогадительные комбинаты. Карьеры. Геоэкологические проблемы ландшафтов Курской магнитной аномалии и других крупнейших месторождений железных руд мира. Выплавка стали: эколого-геохимические проблемы. Металлургические и электрометаллургические комбинаты.

Практическая работа: Составление эколого-геохимического портрета металлургического центра по функциональным зонам, оценка экологической опасности загрязнения компонентов ландшафтов с расчетом коэффициентов для отдельных загрязнителей и суммарных показателей загрязнения.

Задания для СРО: Ознакомиться с изменением технологичности черных металлов за последние полвека (литературные данные). Обобщить информацию об основных мировых производителях и потребителях черных металлов. Найти информацию о сферах применения черных металлов – потенциальных источниках черных металлов в окружающей среде.

Тема 5. Геохимия моногородов: теплоэнергетика и сжигание топлива

Теплоэнергетика как источник негативного воздействия на окружающую среду: геохимические аспекты. Химический состав бурого и каменного угля, элементы-примеси. Геохимия ландшафтов угледобычи. Крупнейшие месторождения бурого и каменного угля, горючих сланцев, торфа. Природный газ и мазут как источники топлива на теплоэнергетических предприятиях. Предприятия коксохимии. Подщелачивание и подкисление компонентов городских ландшафтов в зонах влияния предприятий теплоэнергетики. Канцерогенные вещества и радионуклиды. Ртуть в окружающей среде. Мусоросжигательные заводы.

Практическая работа: Сравнение состава бурых и каменных углей и золы. Оценка экологической опасности загрязнения компонентов городской среды канцерогенными веществами с расчетом гигиенических и геохимических показателей: влияние предприятий теплоэнергетики и транспорта.

Задания для СРО: Обобщить информацию об основных мировых производителях и потребителях каменного и бурого угля.

Тема 6. Геохимия моногородов: добыча и переработка нефти, нефтехимия

Геохимия нефти. Эколого-геохимические проблемы ландшафтов в зонах нефтедобычи и транспортировки нефти. География нефтегазовых месторождений. Нефтеперерабатывающие заводы и их воздействие на окружающую среду. Нефтепродукты и углеводороды. Ректификация, крекинг, риформинг, алкилирование, изомеризация, коксование, пиролиз и другие процессы переработки нефти. Полициклические ароматические углеводороды. Главные центры нефтепереработки в России и в мире. Экологические стандарты бензина и дизельного топлива.

Практическая работа: Оценка уровней загрязнения компонентов окружающей среды городов нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: влияние предприятий нефтехимии и нефтепереработки.

Задания для СРО: Обобщить информацию об основных мировых производителях и потребителях нефти и природного газа.

Тема 7. Геохимия моногородов: машиностроение и металлообработка

Тяжелое общее, среднее и точное машиностроение, производство металлических изделий и заготовок, ремонт машин и оборудования как источники загрязняющих веществ в окружающей среде городов. Редкоземельные элементы и элементы платиновой группы как важные поллютанты городской среды. Состав выбросов и отходов автомобильной, авиационной и ракетно-космической промышленности.

Геохимическое воздействие на окружающую среду предприятий энергетического, химического и нефтегазового машиностроения, а также приборостроения.

Практическая работа: Выявление ведущих поллютантов в компонентах ландшафтов моногородов машиностроительной и металлообрабатывающей специализации с применением моно-, би- и полиэлементных геохимических коэффициентов.

Задания для СРО: Обобщить информацию об основных мировых центрах машиностроения и металлообработки.

Тема 8. Геохимия мегагородов

Мегагорода: определение, подходы к выделению. Изменение численности населения мегагородов за последние годы. Автотранспорт как важнейший источник поллютантов в окружающей среде мегагородов. Выхлопные и невыхлопные выбросы автотранспорта. Загруженность дорог мегагородов, применение интерактивных индексов для оценки загруженности дорог (на примере TomTom Traffic Index). Воздействие железнодорожного транспорта на окружающую среду. Общие для большинства мегагородов экологические проблемы. Районирование территорий мегагородов по интенсивности загрязнения окружающей среды, влияние возраста застройки: исторические центры и современные районы. Оценка негативного воздействия мегагородов на ландшафты пригородов. Влияние геометрии застройки на миграцию поллютантов в мегагородах. Интегрированные сервисы по городской метеорологии, исследованиям климата и окружающей среды в различных мегагородах мира.

Практическая работа: Эколого-геохимические проблемы мегагорода (по выбору): поиск информации о загрязнении компонентов окружающей среды мегагорода, основных поллютантах, критическое обсуждение обобщенных студентами данных.

Задания для СРО: Обобщить и запомнить информацию о географическом положении мегагородов мира. Ознакомиться с рейтингом городов мира по загруженности дорог на официальном сайте TomTom Traffic Index.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

№ п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Виды текущего контроля
1	Введение. Понятие о моно- и мегагородах. Эколого-геохимические проблемы моно- и мегагородов	Устный опрос по теме лекции
2	Применение геохимических принципов в эколого-географической систематике городов	Устный опрос по теме лекции
3	Геохимия моногородов: добыча и переработка руд цветных металлов	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях

4	Геохимия моногородов: черная металлургия	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях
5	Геохимия моногородов: теплоэнергетика и сжигание топлива	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях
6	Геохимия моногородов: добыча и переработка нефти, нефтехимия	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях
7	Геохимия моногородов: машиностроение и металлообработка	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях
8	Геохимия мегагородов	Устный опрос, защита практических работ по теме, дискуссия на семинарских занятиях

Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Объект, предмет и методы изучения геохимии городов. Геохимические особенности моногородов.
2. Геохимическая специализация источников негативного воздействия: транспорт, отрасли промышленности, топливно-энергетический комплекс, мусоросжигательные заводы.
3. Эколого-геохимические и геоэкологические проблемы городов разной крупности.
4. Геохимическая систематика городов.
5. Геохимическая систематика городских ландшафтов.
6. Геохимическая классификация химических элементов В.М. Гольдшмидта. Геохимия халькофильных элементов. Геохимия сидерофильных элементов.
7. Горнодобывающие ландшафты: выделение, геохимическая классификация.
8. Геохимические парагенезисы руд цветных металлов. Крупнейшие месторождения руд цветных металлов в мире и России.
9. Типы сплавов. Основные производители цветных металлов.
10. Хвостохранилища и отвалы, загрязнение воздуха и почв при выдувании твердых частиц. Загрязнение водных объектов в зоне влияния предприятий по добыче и переработке руд цветных металлов.
11. Оценка геохимического фона, геохимическая характеристика функциональных зон города.

12. Крупнейшие месторождения руд черных металлов и железорудного сырья в мире и России. Технологические процессы добычи и выплавки черных металлов.
13. Горно-обогатительные комбинаты. Карьеры. Геоэкологические проблемы ландшафтов Курской магнитной аномалии и других крупнейших месторождений железных руд мира.
14. Выплавка стали: эколого-геохимические проблемы. Металлургические и электрометаллургические комбинаты.
15. Теплоэнергетика как источник негативного воздействия на окружающую среду: геохимические аспекты.
16. Химический состав бурого и каменного угля, элементы-примеси.
17. Геохимия нефти. Нефтепродукты и углеводороды.
18. Эколого-геохимические проблемы ландшафтов в районах нефтедобычи и транспортировки нефти.
19. Нефтеперерабатывающие заводы и их воздействие на окружающую среду.
20. Состав и экологические стандарты бензина и дизельного топлива.
21. Предприятия машиностроения и металлообработки как источники загрязняющих веществ в окружающей среде городов.
22. Характеристика выбросов и отходов автомобильной, авиационной и ракетно-космической промышленности. Энергетическое, химическое и нефтегазовое машиностроение. Приборостроение.
23. Мегагорода: определение, подходы к выделению. Эколого-геохимические проблемы мегагородов.
24. Автотранспорт как важнейший источник поллютантов в окружающей среде мегагородов. Выхлопные и невыхлопные выбросы автотранспорта. Воздействие железнодорожного транспорта на окружающую среду.
25. Районирование территорий мегагородов по интенсивности загрязнения окружающей среды, влияние возраста застройки: исторические центры мегагородов и современные районы.
26. Оценка негативного воздействия мегагородов на ландшафты пригородов.
27. Влияние геометрии застройки на миграцию поллютантов в мегагородах.
28. Характеристика интегрированных сервисов по городской метеорологии, исследованиям климата и окружающей среды в различных мегагородах мира.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)		
РО и соот- ветствующие виды оценочных средств	Оценка	зачет
	незачет	
Знания	Фрагментарные знания или отсутствие	Сформированные систематические знания или общие, но не

<i>(устные опросы)</i>	знаний	структурированные знания
Умения <i>(обсуждения на семинарских занятиях, отчет по практическим работам)</i>	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускаются неточности принципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) <i>(отчет по практическим работам)</i>	Наличие отдельных навыков (владений, опыта) или отсутствие навыков (наличие фрагментарного опыта)	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

Выставление оценок на **зачете** осуществляется на основе принципов объективности, справедливости, всестороннего анализа уровня знаний студентов.

При выставлении оценки экзаменатор учитывает:

- знание фактического материала по программе, в том числе; знание обязательной литературы, современных публикаций по программе курса, а также истории науки;
- степень активности студента на семинарских занятиях;
- логику, структуру, стиль ответа; культуру речи, манеру общения; готовность к дискуссии, аргументированность ответа; уровень самостоятельного мышления; умение приложить теорию к практике, решить задачи;
- наличие пропусков семинарских и лекционных занятий по неуважительным причинам.

Оценка «**зачет**» не ставится в случаях систематических пропусков студентом семинарских и лекционных занятий по неуважительным причинам, отсутствия активного участия на семинарских занятиях, а также неправильных ответов на вопросы преподавателя по курсу.

8. Ресурсное обеспечение:

- *Перечень основной и дополнительной учебной литературы*

1. Битюкова В.Р. Социально-экологические проблемы развития городов России. Москва, ЛЕНАНД. 2019. 456 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Плеханова И.О., Прокопович У.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв выбросами предприятий цветной металлургии // Почвоведение. 2011. № 2. С. 240-249.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
4. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: ИП Филимонов М.В., 2013. 208 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30367364>
5. Касимов Н.С., Власов Д.В. Технофильность химических элементов в начале XXI века // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, геогр. 2012. № 1. С. 15-22.

6. Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 276 с.
7. Нефть и окружающая среда Калининградской области. Том 1. Суша / Н.С. Касимов, Ю.С. Каджоян, Н.П. Солнцева и др. Калининград: Янтарный сказ, 2008. 360 с.
8. Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. Полициклические ароматические углеводороды в городских почвах (Москва, Восточный округ) // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1114–1127.
9. Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестник СПб ун-та. Серия 7. География. 2012. № 4. С. 87-101.
10. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
11. Тимофеев И.В. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах и древесных растениях зоны влияния Джидинского W-Mo (Россия) и Эрдэнэтского Cu-Mo (Монголия) комбинатов: дисс. канд. геогр. наук. М., 2017. 210 с. <https://istina.msu.ru/dissertations/38263222/>
12. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во Московского ун-та, 1995. 336 с.
13. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с.
14. Amato F., Alastuey A., de la Rosa J., Gonzalez Castanedo Y., Sánchez de la Campa A.M., Pandolfi M., Lozano A., Contreras González J., Querol X. Trends of road dust emissions contributions on ambient air particulate levels at rural, urban and industrial sites in southern Spain. // Atmospheric Chemistry and Physics. 2014. Vol. 14. P. 3533-3544. <https://doi.org/10.5194/acp-14-3533-2014>
15. Baklanov A., Grimmond C.S.B., Carlson D., et al. From Urban Meteorology, Climate and Environment Research to Integrated City Services // Urban Climate. 2018. Vol. 23. P. 330-341. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.05.004>
16. Baklanov A. Overview of the European project FUMAPEX // Atmospheric Chemistry and Physics. 2006. Vol. 6. P. 2005-2015, <https://acp.copernicus.org/articles/6/2005/2006/>
17. Cecinato A., Guerriero E., Balducci C., Muto V. Use of the PAH fingerprints for identifying pollution sources // Urban Climate. 2014. Vol. 10. P. 630–643.
18. Demetriades A., Birke M. Urban geochemical mapping manual: sampling, sample preparation, laboratory analysis, quality control check, statistical processing and map plotting. Brussels: EuroGeoSurveys, 2015. 162 p. http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2015/10/Urban_Geochemical_Mapping_Manual.pdf
19. Grimmond S.C.B. et al. Guide for Urban Integrated Hydro-Meteorological, Climate and Environmental Services. Part 1a: Concept and Methodology. WMO, 2018. 51 p. https://www.researchgate.net/publication/327672962_Guide_for_Urban_Integrated_Hydro-Meteorological_Climate_and_Environmental_Services_Part_1_Concept_and_Methodology_World_Meteorological_Organization_endorsed_by_WMO_EC-70_on_21_June_2018_EC-70Doc_432_h
20. Hama S., Kumar S., Alam M.S., Roonye D.J., Bloss W.J., Shi Z., Harrison R.M., Crilley L.R., Khare M., Gupta S.K. Chemical source profiles of fine particles for five different sources in Delhi // Chemosphere. 2021. Vol. 274. Article ID: 129913. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129913>
21. Kosheleva N.E., Vlasov D.V., Korlyakov I.D., Kasimov N.S. Contamination of urban soils with heavy metals in Moscow as affected by building development // Science of the Total Environment, 2018. Vol. 636. P. 854-863.

22. Mapping the chemical environment of urban areas / Ed. by C.C. Johnson, A. Demetriades, J. Locutura, R.T. Ottesen. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. 616 p.
23. Pant P., Harrison R.M. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review // *Atmospheric Environment*. 2013. Vol. 77. P. 78-97. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.028>
24. Popovic A., Relic D., Djordjevic D. Trace and Major Elements in Ash of "Nikola Tesla A" Power Plant (III)—Associations of Elements in Passive Cassette Ash // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2015. Vol. 37. No. 14. P. 1487-1494.
25. Savic D., Nistic D., Malic N., Dragosavljevic, Z., Medenica D. Research on Power Plant Ash Impact on the Quality of Soil in Kostolac and Gacko Coal Basins // *Minerals*. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 54-70. <https://www.mdpi.com/2075-163X/8/2/54>
26. Shen H., Huang Ye., Wang R., Zhu D., Li W., Shen G., Wang B., Zhang Y., Chen Y., Lu Y., Chen H., Li T., Sun K., Li B., Liu W., Liu J., Tao S. Global atmospheric emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons from 1960 to 2008 and future predictions // *Environ Sci Technol*. 2013. Vol. 47 (12). P. 6415–6424.
27. Verma S., Masto R., Gautam S., Choudhury D., Ram L., Maiti S., Maity S. Investigations on PAHs and trace elements in coal and its combustion residues from a power plant // *Fuel*. 2015. Vol. 162. P. 138-147.
28. Zhu C., Tian H., Hao J. Global anthropogenic atmospheric emission inventory of twelve typical hazardous trace elements, 1995–2012 // *Atmospheric Environment*. 2020. Vol. 220. Article ID: 117061. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117061>
- ***Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)***
 1. Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru>
 2. Поискковая система научных публикаций, <https://scholar.google.ru/>
 3. Официальный сайт TomTom Traffic Index, https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/
 4. Официальный сайт Demographia, <http://www.demographia.com/>
 5. GURME project (The GAW Urban Research Meteorology and Environment), <https://community.wmo.int/activity-areas/gaw/science/gurme>
 6. MEGAPOLI project (Megacities: Emissions, urban, regional and Global Atmospheric POLLution and climate effects, and Integrated tools for assessment and mitigation), <http://megapoli.dmi.dk/>
 7. Integrated Urban Weather, Environment and Climate Services, <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/towards-integrated-urban-weather-environment-and-climate-services>
 8. IQAir. Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in the world, <https://www.iqair.com>
 9. World Air Quality Index Project, <https://waqi.info/>, <http://aqicn.org>
- ***Описание материально-технической базы***
 - А. Помещения: аудитория с мультимедийным проектором, набором ученической мебели, выходом в Интернет для самостоятельной работы.
 - Б. Оборудование: мультимедийный проектор, компьютер, экран для учебной аудитории.

9. Язык преподавания русский.

10. Преподаватель (преподаватели)

Касимов Николай Сергеевич, академик РАН, д.г.н., профессор, географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Кошелева Наталья Евгеньевна, д.г.н., профессор, географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

11. Разработчики программы

Касимов Николай Сергеевич, академик РАН, д.г.н., профессор, зав. кафедрой геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

Власов Дмитрий Валентинович, к.г.н., преподаватель университета Иллинойс (США)

Кошелева Наталья Евгеньевна, д.г.н., профессор, географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

