

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
геоэкологии и мониторинга окружающей среды
 Куролап С.А.
подпись, расшифровка подписи
01.09.2020г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.В.01 Методы оценки экологических рисков

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. **Шифр и наименование направления подготовки:**
05.03.06 – Экология и природопользование
2. **Профиль подготовки:** Геоэкология
3. **Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
4. **Форма обучения:** очная
5. **Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды
6. **Составитель программы:** Куролап Семен Александрович, доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма; kurolap@geogr.vsu.ru
7. **Рекомендована:** НМС ф-та географии, геоэкологии и туризма /протокол о рекомендации: от 01.06.2020 г. №9
8. **Учебный год:** 2021-2022 **Семестр:** 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью изучения дисциплины является подготовка выпускника в области современных знаний теорий оценки экологических рисков (рискологический подход в геоэкологии и природопользовании).

Основные задачи:

- ознакомление с современными теориями оценки экологических рисков;
- получение навыков анализа рисков по различным аспектам геоэкологии и природопользования, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду и здоровье населения;
- усвоение знаний по выбору способов решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина факультативная. Изучение требует знания основ общей экологии, понятий и методов оценки экологических последствий техногенного загрязнения окружающей среды.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК - 8	владение знаниями о теоретических основах экологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, способность к использованию теоретических знаний в практической деятельности	<p>знать: основные факторы экологического риска; современные теории оценки экологических рисков, связанных с техногенными факторами; способы решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды;</p> <p>уметь: анализировать кризисные экологические ситуации; применять алгоритмы оценки рисков, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду; обосновывать выбор способов решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды;</p> <p>владеть (иметь навыки): методами количественной оценки экологических рисков; навыками анализа рисков по различным аспектам геоэкологии и природопользования, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду и здоровье населения</p>
ПК - 19	владением знаниями об оценке воздействия на окружающую среду, правовые основы природопользования и охраны окружающей среды	<p>знать: теорию оценки воздействия на окружающую среду; правовые основы природопользования и охраны окружающей среды</p> <p>уметь: применять на практике методы информационно-коммуникационных технологий, применяемые для оценки экологических рисков;</p> <p>владеть (иметь навык(и)): основными методами обработки, анализа и синтеза результатов оценки воздействия на окружающую среду с применением теории рискологического анализа</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		4 семестр
Аудиторные занятия		
в том числе: лекции	28	28
практические		
лабораторные		
Самостоятельная работа	44	44
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет
Итого:	72	72

13.1 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Понятие об экологических рисках и их пространственно-временных проявлениях	Экологический риск и его проявления в различных регионах планеты. Критерии экологических рисков, экологического бедствия. Характеристика кризисных территорий (отдельные континенты, города, локальные территории).
1.2	Методы количественной оценки экологических рисков	Методы расчета экологических рисков, связанных с химическим загрязнением окружающей среды. Схема расчета : идентификация опасности. модели "воздействие - эффект", количественная характеристика рисков, опасность для здоровья населения и состояния биоты.
1.3	Мероприятия по предупреждению экологических рисков, связанных с техногенным загрязнением	Меры предупреждения негативных последствий и снижения экологических рисков. Выбор способов решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды, связанных с техногенным загрязнением
1.4	Международно-правовые аспекты регулирования экологических рисков и принципы минимизации социально и экологически обусловленных рисков	Международно-правовые аспекты регулирования экологических рисков. Принципы оптимизации окружающей среды (ландшафтная архитектура, решение транспортных проблем в городах, улучшение качества систем питания народов мира).

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Понятие об экологических рисках и их пространственно-временных проявлениях	4	-	-	10	14
2	Методы количественной оценки экологических рисков	18	-	-	16	34
3	Мероприятия по предупреждению экологических рисков, связанных с техно-	4	-	-	8	12

	генным загрязнением					
4	Международно-правовые аспекты регулирования экологических рисков и принципы минимизации социально и экологически обусловленных рисков	2	-	-	10	12
	Итого:	28	-	-	44	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Необходима регулярная работа с текстом конспектов лекций для понимания и освоения материала предшествующей и последующей лекций. По указанию преподавателя необходимо регулярно выполнять контрольные тесты в ходе текущей аттестации (по каждой пройденной теме).

При подготовке к промежуточной аттестации студенты изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную литературу по темам лекционных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов включают:

- использование электронных учебников и ресурсов интернет;
- методические разработки с примерами решения типовых задач в области оценки экологических рисков;

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ларионов Н. М. Промышленная экология : учебник для бакалавров / Н.М. Ларионов, А.С. Рябышенков ; Моск. ин-т электрон. техники .— Москва : Юрайт, 2013 .— 495 с.
2	Куролап С.А. Экологическая экспертиза и оценка риска здоровью / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, С.А. Епринцев. - Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2012. - 108 с.
3	Якушев А.Б. Экологическая оценка воздействия автотранспорта на воздушный бассейн городов Центрального Черноземья / А.Б. Якушев, С.А. Куролап, М.А. Карпович .— Воронеж : Научная книга, 2013 .— 207 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Куролап С.А. Оценка риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды / С.А. Куролап, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. – 220с.
5	Галицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. Учебник / А.Н. Галицын. – М.: ОНИКС, 2007. – 331 с
6	Хаскин В.В. Экология человека : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям 020801 "Экология" и 020804 "Геоэкология" / В.В. Хаскин, Т.А. Акимова, Т.А. Трифонова .— М. : Экономика, 2008 .— 366 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
7	http://www.lib.vsu.ru /> Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета/
8	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/mar03004.pdf > Экологическая безопасность. Эко-

	логический риск : / Воронеж. гос. ун-т. Каф. экологии и систематики беспозвоночных животных; Сост. В.Д. Логвиновский .— Воронеж, 2003 .— 30 с.
9	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may04003.pdf > Экология : Учебно-методическое пособие по специальности 012500- география / Воронеж. гос. ун-т. Каф. геоэкологии и мониторинга окружающей среды; Сост. Е.Ю. Иванова .— Воронеж, 2004 .— 11 с.
10	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/b213480.pdf > Экология территории: качество социоприродной среды и экологическая безопасность : Учебное пособие / Е.В. Мишон ; Науч. ред. В.Н. Эйтингон .— Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003 .— 132 с.
11	Щербинина С.В. Экологические основы водопользования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 3 и 4 к. бакалавриата дневного и заоч. обучения по направлению 022000 - Экология и природопользование] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. С.В. Щербинина .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-82.pdf >.

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Экология человека. Воздействие пестицидов и СОЗ на биологические системы : учебное пособие / В.Д. Логвиновский, О.П. Негроров, В.С. Маликов ; Воронеж. гос. ун-т, Агентство лес. хоз-ва по Воронеж. обл. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2006 .— 122 с.
2	Данилов-Данильян В.И. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект = Ecological safety. General principles and Russian aspect : учебное пособие / В.И. Данилов-Данильян, М.Ч. Залиханов, К.С. Лосев .— Изд. 2-е, дораб. — М. : МППА БИМПА, 2007 .— 286 с.
3	Прохоров Б.Б. Экология человека : [учебник для студ. вузов, обуч. по специальностям 013100 "Экология" и 013600 "Геоэкология"] / Б.Б. Прохоров .— 4-е изд., стер. — М. : Academia, 2008 .— 317 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий на платформе «Образовательный портал «Электронный университет ВГУ».

Программные пакеты MS Word, MS EXCEL для проведения расчетов и статистического анализа экогеоданных в ходе самостоятельной работы студентов при оценке экологических рисков.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для лекционных занятий – аудитория оснащенная мультимедийной аппаратурой /телевизор Panasonic, переносной экран, ноутбук Asus, мультимедиа-проектор Acer/

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
---	--	---	----------------------------

ОПК - 8	<p>знать: основные факторы экологического риска; современные теории оценки экологических рисков, связанных с техногенными факторами; способы решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды;</p> <p>уметь: анализировать кризисные экологические ситуации; применять алгоритмы оценки рисков, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду; обосновывать выбор способов решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды;</p> <p>владеть (иметь навыки): методами количественной оценки экологических рисков; навыками анализа рисков по различным аспектам геоэкологии и природопользования, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду и здоровье населения</p>	Понятие об экологических рисках и их пространственно-временных проявлениях	Тест
		Методы количественной оценки экологических рисков	Контрольная работа
ПК - 19	<p>знать: методы обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации;</p> <p>уметь: применять на практике методы информационно-коммуникационных технологий, применяемые для оценки экологических рисков;</p> <p>владеть (иметь навык(и)): основными методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации</p>	Мероприятия по предупреждению экологических рисков, связанных с техногенным загрязнением	Тест
		Международно-правовые аспекты регулирования экологических рисков и принципы минимизации социально и экологически обусловленных рисков	Тест
Промежуточная аттестация			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие критерии:

- владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами оценки экологических рисков; современными теориями оценки экологических рисков, связанных с техногенными факторами; способами решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды).

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачтено», «незачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами оценки экологических рисков; современными теориями оценки экологических рисков, связанных с техногенными факторами; способами решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды), способен иллюстрировать ответ примерами; применять теоретические знания для решения практических задач в сфере оценки экологического риска	<i>Повышенный уровень</i>	<i>зачтено</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки теоретическими основами оценки экологических рисков; современными теориями оценки экологических рисков, связанных с техногенными факторами; способами решения проблем по минимизации экологических рисков и улучшению экологического состояния окружающей среды), способен иллюстрировать ответ примерами; допускает ошибки в интерпретации результатов расчетов экологического риска	<i>Базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами; не умеет грамотно применять алгоритмы количественных методов оценки экологических рисков	<i>Пороговый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал содержит существенные ошибки. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, не умеет применять алгоритмы количественных методов оценки экологического риска	–	<i>незачтено</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Антропогенное воздействие на природную среду как причина возникновения экологических рисков.
2. Методология оценки экологических рисков для населения при различных техногенных воздействиях:
 - оценка риска загрязнения атмосферы;
 - оценка риска загрязнения водных ресурсов;
 - оценка риска загрязнения почв;
 - оценка риска радиационного и электромагнитного загрязнения;
 - оценка риска природных катастроф;
 - оценка риска экологических последствий вооруженных конфликтов и военных действий.
3. Оценка канцерогенного риска, неканцерогенного риска и риска комбинированного воздействия на население химических веществ
4. Методы минимизации экологических рисков и улучшения экологического состояния окружающей среды

Критерии оценивания зачета	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами экологической индикации), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, не способен привести примеры применения биоиндикационных методов.	-	<i>Не зачтено</i>

19.3.2 Расчетные задачи (примеры)

Комплект контрольных расчетных задач по теме «Методы количественной оценки экологических рисков» (с вариантами решений)

Задача 1. Оценка канцерогенного риска от присутствия бенз(а)пирена в атмосферном воздухе промышленного города

Ситуационная информация: приведены среднесуточные концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе и воздухе внутри помещений по районам промышленно-развитого города. Фактор потенциала (SF_1) составляет $3,9 \text{ (мг/(кг*сутки))}^{-1}$.

Порядок выполнения задания

Рассчитать путем программирования формул в MS Excel: 1) среднесуточную дозу загрязнителя (**ADD**), 2) индивидуальный канцерогенный риск в течение жизни (**CR**), 3) годовой популяционный канцерогенный риск в каждом районе и по городу в целом (**PCR**). Сделать вывод о том, какое дополнительное число случаев рака в год провоцирует у населения города присутствие бенз(а)пирена в атмосферном воздухе. *Условие:* все параметры отнесены ко взрослому населению. Этапы выполнения:

1. Составление таблицы входных данных, включая необходимые для расчета ADD параметры: C_a , C_h , T_{out} , T_{in} , V_{out} , V_{in} , EF , ED , BW , AT (табл.1).

Таблица 1

Концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе города

Районы	Численность населения	Концентрация, мг/м ³	
		в атмосферном воздухе вне помещений (C_a)	в воздухе жилых помещений (C_h)
Железнодорожный	122200	0,000352	0,000065
Левобережный	184250	0,000432	0,000092
Коминтерновский	235900	0,000978	0,000086
Ленинский	124750	0,000312	0,000019
Советский	189600	0,000457	0,000023
Центральный	87950	0,000098	0,000014

2. Программирование формул и расчет **CR**, **PCR**, а также суммы случаев рака в год (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов индексов канцерогенного риска*)

Район	Численность населения	SF ₁	ADD мг/(кг* день)	CR (вероятность)	PCR (число случаев рака в год)
Железнодорожный	122200	3,9	2,699E-05	1,05E-04	0,18
Левобережный	184250	3,9	3,385E-05	1,32E-04	0,35
Коминтерновский	235900	3,9	6,94E-05	2,71E-04	0,91
Ленинский	124750	3,9	2,164E-05	8,44E-05	0,15
Советский	189600	3,9	3,141E-05	1,23E-04	0,33
Центральный	87950	3,9	7,272E-06	2,84E-05	0,04
Итого по городу					1,96

*) 2,699E-05 – научный формат данных, используемый в электронных таблицах MS EXCEL, что равнозначно $2,699 \cdot 10^{-5}$.

Результат (вывод): канцерогенный риск в Железнодорожном, Левобережном, Коминтерновском и Советском районах – приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом (вызывает беспокойство), что требует проведения плановых оздоровительных мероприятий на территории районов. Максимальный риск – вблизи автомагистралей Коминтерновского района. Канцерогенный риск в Ленинском и Центральном районах соответствует предельно допустимому риску (не вызывает беспокойства), но требует постоянного контроля. Присутствие бенз(а)пирена в атмосферном воздухе города в целом провоцирует появление среди населения около 2 дополнительных случаев рака в год.

Задача 2. Оценка неканцерогенного риска, связанного с загрязнением атмосферного воздуха промышленного города

Ситуационная информация: приведены среднесуточные концентрации (АС) для 6 загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по районам промышленно-развитого города. Прилагаются справочные данные из «Руководства по оценке риска..» (2004): референтные концентрации для хронического ингаляционного воздействия и предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе населенных мест.

Порядок выполнения задания

Рассчитать путем программирования формул в EXCEL: 1) индивидуальный неканцерогенный риск в течение жизни (Н_Q), 3) годовой популяционный неканцерогенный риск в каждом районе и по городу в целом (РН_Q). Сделать вывод о том, в каком районе города неканцерогенный риск максимальный и за счет каких загрязняющих веществ он формируется. Этапы выполнения:

1. Составление таблицы входных данных, определение по справочникам RfC и ПДК_{сс}.
2. Программирование формул и расчет Н_Q, РН_Q (табл. 3).

Исходные данные: загрязняющие вещества и их классы опасности:

Углерод оксид	Сера оксид	Азот (II) оксид	Формальдегид	Свинец	Метанол
4	3	3	2	1	3

Таблица 3

Оценка неканцерогенного риска, связанного с загрязнением атмосферы
(данные: **а** – фактические, **б** – справочные, **в** – расчетные)

а	а	б	б	а	в	в
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Район и население (N)	Вещество	RfC	ПДКсс	АС (мг/м3)	HQ	PHQ (годовой)
Железнодорожный N=122200	углерод оксид	3,0000	3,0000	2,6500	0,88	1542,0
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0521	1,04	1819,0
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0560	0,93	1629,3
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0028	0,93	1629,3
	свинец	0,0005	0,0003	0,0002	0,40	698,3
	метанол	4,0000	0,5000	0,4560	0,11	199,0
ИТОГО (HI)					4,31	7517,0
Левобережный N=184250	углерод оксид	3,0000	3,0000	3,8970	1,30	3419,2
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0641	1,28	3375,0
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0090	0,15	394,8
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0054	1,80	4737,9
	свинец	0,0005	0,0003	0,0002	0,40	1052,9
	метанол	4,0000	0,5000	0,0850	0,02	55,9
ИТОГО (HI)					4,95	13035,6
Коминтерновский N=235900	углерод оксид	3,0000	3,0000	2,7159	0,91	3050,9
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0487	0,97	3282,4
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0352	0,59	1977,3
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0012	0,40	1348,0
	свинец	0,0005	0,0003	0,0004	0,80	2696,0
	метанол	4,0000	0,5000	0,2900	0,07	244,3
ИТОГО (HI)					3,74	12598,9
Ленинский N=124750	углерод оксид	3,0000	3,0000	1,6790	0,56	997,4
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0067	0,13	238,8
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0348	0,58	1033,7
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0008	0,25	451,5
	свинец	0,0005	0,0003	0,0001	0,20	356,4
	метанол	4,0000	0,5000	0,4700	0,12	209,4
ИТОГО (HI)					1,84	3287,2
Советский N=189600	углерод оксид	3,0000	3,0000	1,5600	0,52	1408,5
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0089	0,18	482,1
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0289	0,48	1306,3
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0021	0,70	1896,0
	свинец	0,0005	0,0003	0,0002	0,40	1083,4
	метанол	4,0000	0,5000	0,1340	0,03	90,7
ИТОГО (HI)					2,31	6267,0
Центральный N=87950	углерод оксид	3,0000	3,0000	2,8900	0,96	1210,4
	сера диоксид	0,0500	0,0500	0,0073	0,15	183,4
	азот (II) оксид	0,0600	0,0600	0,0303	0,51	634,6
	формальдегид	0,0030	0,0030	0,0032	1,07	1340,2
	свинец	0,0005	0,0003	0,0002	0,40	502,6
	метанол	4,0000	0,5000	0,3700	0,09	116,2
ИТОГО (HI)					3,17	3987,3
ИТОГО (HI) по городу						46693,0

Результат (вывод): наибольший неканцерогенный риск по исследуемым ингредиентам наблюдается в Левобережном районе, а наименьший – в Ленинском. Приоритетные загрязняющие вещества, создающие максимальный риск (выше допустимого уровня) по районам города: Железнодорожный район – сера диоксид; Левобережный район – углерод оксид, сера диоксид, формальдегид; Коминтерновский район – свинец; Центральный – формальдегид. Загрязнение воздуха в целом способствует про-

явлению около 46693 токсических синдромов и неканцерогенных заболеваний среди населения города ежегодно.

Задача 3. Оценка канцерогенного риска, обусловленного качеством питьевой воды

Ситуационная информация: приведены среднесуточные концентрации трех канцерогенных веществ в питьевой воде - (а) тетрахлоэтилен, б) хлороформ, в) гексахлорэтан - по районам промышленно-развитого города. Факторы канцерогенного потенциала (SF_0) составляют соответственно а) 0,052; б) 0,0061 и в) 0,014 мг/(кг*день).

Порядок выполнения задания

Рассчитать путем программирования формул в MS EXCEL: 1) среднесуточную дозу загрязнителя (**ADD**), 2) индивидуальный канцерогенный риск в течение жизни (**CR**), 3) годовой популяционный канцерогенный риск в каждом районе и по городу в целом (**PCR**). Сделать вывод о том, какое дополнительное число случаев рака в год провоцирует у населения города присутствие указанных канцерогенов в питьевой воде. *Условие:* все параметры отнесены к взрослому населению. Этапы выполнения:

1. Составление таблицы входных данных, включая необходимые для расчета ADD параметры: C_w , V , EF , ED , BW , AT (табл. 4).

2. Программирование формул и расчет CR, PCR, а также суммы случаев рака в год (табл. 5).

Таблица 4

Концентрации загрязняющих веществ в питьевой воде города

Районы	Численность населения	Концентрация, мг/л		
		тетрахлорэтилен	хлороформ	гексахлорэтан
Железнодорожный	122200	0,574	0,095	0,008
Левобережный	184250	0,342	0,012	0,176
Коминтерновский	235900	0,107	0,048	0,654
Ленинский	124750	0,674	0,261	0,008
Советский	189600	0,129	0,076	0,178
Центральный	87950	0,087	0,532	0,342

Таблица 5

Результаты расчетов индексов канцерогенного риска^{*)}

Район и население	Вещества	SF_0	ADD мг/(кг*день)	CR (вероятность)	PCR (число случаев рака в год)
Железнодорожный 122200	тетрахлорэтилен	0,052	0,00674	3,50E-04	0,6118
	хлороформ	0,0061	0,001115	6,80E-06	0,0119
	гексахлорэтан	0,014	9,39E-05	1,32E-06	0,0023
Левобережный 184250	тетрахлорэтилен	0,052	0,004016	2,09E-04	0,5496
	хлороформ	0,0061	0,000141	8,59E-07	0,0023
	гексахлорэтан	0,014	0,002067	2,89E-05	0,0762
Коминтерновский 235900	тетрахлорэтилен	0,052	0,001256	6,53E-05	0,2202
	хлороформ	0,0061	0,000564	3,44E-06	0,0116
	гексахлорэтан	0,014	0,007679	1,08E-04	0,3623

Ленинский 124750	тетрахлорэтилен	0,052	0,007914	4,12E-04	0,7334
	хлороформ	0,0061	0,003065	1,87E-05	0,0333
	гексахлорэтан	0,014	9,39E-05	1,32E-06	0,0023
Советский 189600	тетрахлорэтилен	0,052	0,001515	7,88E-05	0,2133
	хлороформ	0,0061	0,000892	5,44E-06	0,0147
	гексахлорэтан	0,014	0,00209	2,93E-05	0,0793
Центральный 87950	тетрахлорэтилен	0,052	0,001022	5,31E-05	0,0667
	хлороформ	0,0061	0,006247	3,81E-05	0,0479
	гексахлорэтан	0,014	0,004016	5,62E-05	0,0706
Итого по городу					3,11

**) 9,39E-05 – экспоненциальный формат данных, используемый в электронных таблицах MS EXCEL, что равнозначно $9,39 \cdot 10^{-5}$.*

Результат (вывод): канцерогенный риск по тетрахлорэтилену в Железнодорожном, Левобережном и Ленинском районах, а также по гексахлорэтану в Коминтерновском районах – приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом (вызывает беспокойство), что требует проведения доочистки воды разводящей сети на территории районов. По другим показателям качество воды в целом не вызывает беспокойства. Присутствие канцерогенов в питьевой воде провоцирует появление среди населения города около 3 дополнительных случаев рака в год.

Задача 4. Оценка неканцерогенного риска, обусловленного качеством питьевой воды

Ситуационная информация: приведены среднесуточные концентрации (АС) для 3 загрязняющих веществ в питьевой воде по районам промышленно-развитого города (железо, марганец, нитраты). Прилагаются справочные данные из «Руководства по оценке риска...» (2004): референтные дозы при хроническом пероральном поступлении и предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в питьевой воде.

Порядок выполнения задания

Рассчитать путем программирования формул в MS EXCEL: 1) индивидуальный неканцерогенный риск в течение жизни (**HQ**), 3) годовой популяционный неканцерогенный риск в каждом районе и по городу в целом (**PHQ**). Сделать вывод о том, в каком районе города неканцерогенный риск максимальный и за счет каких загрязняющих веществ он создается. Этапы выполнения:

1. Составление таблицы входных данных, определение по справочникам RfD и ПДК.
2. Программирование формул и расчет ADD, HQ, PHQ (табл. 6).

Таблица 6

Оценка неканцерогенного риска, связанного с качеством питьевой воды (данные: **а** – фактические, **б** – справочные, **в** – расчетные)

а	а	б	б	а	в	в	в
Район и население (N)	Вещество	RfD	ПДК	АС (мг/л)	ADD	HQ	PHQ (годовой)
Железнодорожный N=122200	железо	0,3	0,3	1,23	0,034	0,112	196,1
	марганец	0,14	0,1	0,34	0,009	0,067	116,2
	нитраты	1,6	45	17,6	0,482	0,301	526,1
ИТОГО (HI)						0,480	838,3
Левобережный N=184250	железо	0,3	0,3	1,54	0,042	0,141	370,2
	марганец	0,14	0,1	0,76	0,021	0,149	391,5
	нитраты	1,6	45	12,4	0,340	0,212	558,9
ИТОГО (HI)						0,502	1320,5

Коминтерновский N=235900	железо	0,3	0,3	2,45	0,067	0,224	754,0
	марганец	0,14	0,1	0,98	0,027	0,192	646,3
	нитраты	1,6	45	24,6	0,674	0,421	1419,6
ИТОГО (НИ)						0,837	2819,9
Ленинский N=124750	железо	0,3	0,3	7,78	0,213	0,711	1266,2
	марганец	0,14	0,1	2,32	0,064	0,454	809,1
	нитраты	1,6	45	18,9	0,518	0,324	576,8
ИТОГО (НИ)						1,488	2652,1
Советский N=189600	железо	0,3	0,3	0,98	0,027	0,089	242,4
	марганец	0,14	0,1	4,18	0,115	0,818	2215,6
	нитраты	1,6	45	10,4	0,285	0,178	482,3
ИТОГО (НИ)						1,086	2940,4
Центральный N=87950	железо	0,3	0,3	5,76	0,158	0,526	660,9
	марганец	0,14	0,1	1,05	0,029	0,205	258,2
	нитраты	1,6	45	29,5	0,808	0,505	634,7
ИТОГО (НИ)						1,237	1553,8
ИТОГО (НИ) по городу							22696,2

Результат (вывод): По отдельным загрязняющим веществам риск не превышает допустимого порога, однако, суммарный риск в трех из шести районов города превышает 1, что свидетельствует о потенциальной опасности употребления питьевой воды без специальной очистки. Наибольший суммарный неканцерогенный риск по исследуемым ингредиентам наблюдается в Ленинском и Центральном районах, а наименьший – в Левобережном и Железнодорожном. Максимальный риск создается за счет присутствия в питьевой воде железа и нитратов в Центральном и Ленинском районах, марганца – в Советском и Ленинском районах. Присутствие загрязняющих веществ в питьевой воде провоцирует около 22696 случаев токсических синдромов и неканцерогенных заболеваний среди населения города ежегодно.

Критерии оценки решения ситуационной задачи

Зачтено: задача решена правильно, объяснение хода ее решения подробное, последовательное, с теоретическими обоснованиями (в т.ч. из лекционного курса) возможны единичные ошибки в деталях, обучающийся демонстрирует владение терминологией геоинформатики; ответы на дополнительные вопросы верные, могут быть допущены незначительные неточности.

Не зачтено: ответ на вопрос задачи дан правильный. Объяснение хода ее решения недостаточно полное, непоследовательное, с ошибками, слабым теоретическим обоснованием (в т.ч. лекционным материалом), обучающийся демонстрирует плохое владение терминологией геоинформатики, ответы на дополнительные вопросы неправильные или отсутствуют.