

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

**А. В. Алдушин**

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
05.04.06 Экология и природопользование

**Профиль «Климатическая и экологическая безопасность»**

Калининград  
2026

УДК 004.6, 504.03, 504.054

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФБОУ ВО «КГТУ» Е.А. Масюткина.

Алдушин, А.В.

Цифровые технологии профессиональной деятельности: учеб.-метод. пособие по выполнению практических работ для студ. магистратуры по напр. подгот. 05.04.06 Экология и природопользование (профиль «Климатическая и экологическая безопасность») / А.В. Алдушин – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2026. – 134 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению практических работ по дисциплине «Цифровые технологии профессиональной деятельности» представлены учебно-методические материалы по выполнению практических работ, включающие подробный план работ по каждой изучаемой теме.

Рис. 1, табл. 3, список лит. – 6 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 22.02.2026 г., протокол № 2.

УДК 004.6, 504.03, 504.054

©Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2026 г.  
Алдушин, А.В., 2026 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 Методические рекомендации по выполнению практических работ.....	10
2 Темы практических работ.....	13
Тема 1. Многомерный анализ данных мониторинга атмосферного воздуха средствами MS Excel.....	13
Тема 2. Организация хранения и анализа экологической информации средствами СУБД (MS Access) .....	51
Тема 3. Прикладной пространственный анализ экологических данных в QGIS 99	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	131
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	133

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для обучающихся по направлению подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование» (профиль «Климатическая и экологическая безопасность») и предназначено для изучения дисциплины «Цифровые технологии профессиональной деятельности». Дисциплина входит в обязательную часть основной профессиональной образовательной программы магистратуры, формируемую участниками образовательных отношений, и направлена на формирование у будущих экологов навыков работы в условиях цифровой трансформации природоохранной сферы.

Цель освоения дисциплины «Цифровые технологии профессиональной деятельности» состоит в формировании навыков применения цифровых технологий для сбора, обработки, анализа и визуализации экологических данных, прогнозирования антропогенных рисков и оптимизации решений в сфере природопользования.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- принципы работы с цифровыми инструментами для анализа экологических данных;
- современные стандарты сбора и хранения данных в экологии и природопользовании;

**уметь:**

- использовать специализированное ПО для обработки экологической информации;
- анализировать многомерные массивы экологической информации с целью оценки антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды;

**владеть:**

- современными компьютерными технологиями, применяемыми при обработке, анализе и передаче информации в сфере экологии и природопользования.

Основными задачами практических работ по дисциплине являются:

- освоение методов многомерного анализа данных экологического мониторинга: формирование навыков структурирования, агрегации и визуализации больших массивов экологической информации (атмосферный воздух, водные объекты, почвы) средствами табличных процессоров (MS Excel);
- проектирование и эксплуатация реляционных баз данных (БД) экологической направленности: приобретение компетенций по созданию логической схемы БД, обеспечению целостности данных, формированию

параметрических запросов и аналитических выборок для решения задач производственного экологического контроля и учёта объектов НВОС;

- применение геоинформационных систем (ГИС) для пространственного анализа: получение навыков моделирования зон антропогенного воздействия (буферный анализ), пространственной интерполяции полей загрязнения, оверлейных операций и создания тематических карт экологического состояния территории средствами открытого ПО (QGIS);

- интеграция цифровых инструментов в единый аналитический конвейер: формирование способности объединять данные из различных источников (полевые журналы, БД, открытые геопорталы) и синтезировать результаты анализа в форме структурированных отчётов, дашбордов и картографических приложений для поддержки принятия управленческих решений в сфере ОВОС, нормирования и снижения экологических рисков;

- освоение методов сценарного анализа и эколого-экономического моделирования: развитие навыков построения прогнозных моделей (регрессионный анализ, анализ чувствительности) для оценки последствий хозяйственной деятельности и эффективности природоохранных мероприятий.

Практические работы выполняются на основании задания, выдаваемого преподавателем, и основаны на использовании реальных или приближенных к реальным наборам рыбохозяйственных данных.

Формы текущего контроля и критерии оценивания результатов освоения материала, изучаемого на практических занятиях дисциплины «Цифровые технологии профессиональной деятельности», представлены ниже.

### **Текущая аттестация студентов**

Текущая и промежуточная аттестация студентов в вузе играет важную роль в образовательном процессе, обеспечивая систематический контроль и оценку уровня сформированности профессиональных компетенций, связанных с применением цифровых технологий в экологии. Эти формы аттестации позволяют преподавателю оценить степень готовности студентов к использованию современных инструментов для решения прикладных задач в области охраны окружающей среды, рационального природопользования и климатической безопасности, своевременно выявить проблемные области и скорректировать учебный процесс.

Текущий контроль приучает студентов к систематической работе по изучаемой дисциплине и позволяет определить уровень усвоения студентами теоретического материала и освоенных практических навыков.

Основные задачи текущей аттестации:

- оценка понимания цифровых методов: определение того, насколько студенты понимают принципы работы с современными информационными системами, стандарты экологических данных и методологические основы

многомерного и пространственного анализа информации о состоянии окружающей среды;

- проверка прикладных навыков: оценка умения применять специализированное программное обеспечение (электронные таблицы, СУБД, ГИС) для решения типовых профессиональных задач: обработки данных мониторинга, оценки антропогенной нагрузки, моделирования простых экологических сценариев и визуализации результатов;

- обратная связь и мотивация: предоставление студентам регулярной обратной связи об успехах и ошибках в работе с цифровыми инструментами, что способствует осознанному совершенствованию навыков анализа экологической информации;

- корректировка учебного процесса: возможность для преподавателя адаптировать содержание и глубину рассмотрения тем, уделяя больше внимания программным продуктам и методам анализа, вызывающим наибольшие затруднения в контексте будущей профессиональной деятельности эколога.

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется посредством следующих видов оценочных средств:

- выполнение и защиту практических работ в форме контроля правильности выполнения задания, сделанных по работе выводов и устного опроса по теме работы;
- контактную работу преподавателя в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС);
- тестовые задания по отдельным темам;
- задания к контрольной работе (для заочной формы обучения).

Оценка знаний при текущем контроле проводится в соответствии с числом правильно выполненных тестовых заданий, правильных ответов на вопросы преподавателя при защите практических работ.

### **Критерии оценивания результатов освоения дисциплины.**

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью проверки понимания принципов работы с цифровыми инструментами, методов анализа данных и технологических решений. Оценивается по критериям: «правильно» (демонстрирует понимание вопроса, корректно использует терминологию) или «неправильно» (не может сформулировать ответ, допускает существенные ошибки в понимании).

Проверка выполнения практических заданий (для всех форм обучения) осуществляется по критерию: «зачтено» или «не зачтено». «Зачтено» выставляется, если задание выполнено в полном объеме, использованы корректные методы и инструменты анализа, полученные результаты соответствуют поставленной профессиональной задаче (например, корректно

рассчитан показатель, построена карта, сформирован запрос к базе данных) и верно интерпретированы в экологическом контексте. «Не зачтено» выставляется, если задание выполнено не в полном объеме, использованы неверные методы или инструменты, в результатах допущены грубые ошибки, повлиявшие на итог и делающие выводы профессионально несостоятельными.

Дифференцированный зачет (для всех форм обучения) проводится в конце семестра по расписанию в виде тестовых заданий. Итоговый тест содержит вопросы теоретической части и одно практическое задание (в соответствии с одной из тем, предусмотренных планом практических работ).

Оценка за дифференцированный зачет осуществляется по четырехбалльной системе.

Оценка «*Неудовлетворительно*» выставляется в случае, если студент набрал менее 60% правильных ответов по теоретической части теста, либо полностью не выполнил практическое задание.

Оценка «*Удовлетворительно*» выставляется в случае, если студент набрал 60–70 % правильных ответов и допустил незначительные ошибки в практическом задании, либо выполнил его не полностью, но основные этапы решения профессиональной задачи продемонстрированы.

Оценка «*Хорошо*» выставляется в случае, если студент набрал более 70 % правильных ответов и выполнил практическое задание, допустив незначительные, не влияющие на общий вывод, погрешности.

Оценка «*Отлично*» выставляется в случае, если студент набрал более 80% правильных ответов и полностью и безошибочно выполнил практическое задание, представив логически завершенное и профессионально корректное решение.

Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины студентами очной и заочной форм обучения. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов, рассмотренных в рамках практических занятий и заданий, выполненных в рамках работы в ЭИОС. Тестирование обучающихся проводится на практических занятиях (в течение 15-20 минут, в зависимости от уровня сложности материала) после рассмотрения на лекциях соответствующих тем и выполненных заданий в ЭИОС. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo (база тестов располагается на сервере кафедры).

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «отлично» - 81 % и выше;

- «хорошо» - 70 % и выше, но не более 80 %;

- «удовлетворительно» - 60% и выше, но не более 69%.

Система оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации включает в себя системы оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий	Система оценок			
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные

Система оценок Критерий				
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
			задаче данные	поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

**Учебно-методическое пособие состоит из:**

- введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и задачи практических работ; вид текущего контроля;
- основной части, которая содержит методические рекомендации к занятиям, темы практических работ;
- заключения;
- библиографического списка.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические занятия по дисциплине «Цифровые технологии профессиональной деятельности» направлены на формирование у магистрантов навыков применения современного цифрового инструментария для решения прикладных задач в области экологии, природопользования и климатической безопасности. Работы построены по принципу сквозного кейса, имитирующего реальные этапы аналитической деятельности: от первичной обработки данных до подготовки обоснованных выводов и визуализации.

Практические работы ориентированы на:

- освоение методов работы со специализированным и офисным программным обеспечением для анализа данных экологического мониторинга, оценки антропогенной нагрузки и моделирования рисков;
- развитие умения проводить многомерный и пространственный анализ массивов экологической информации для комплексной оценки состояния компонентов окружающей среды и прогноза изменений;
- формирование компетенций по интеграции различных цифровых сред: использование электронных таблиц, систем управления базами данных (СУБД) и геоинформационных систем (ГИС) в едином рабочем процессе для решения комплексной профессиональной задачи;
- закрепление навыков критической интерпретации результатов анализа и формирования на их основе аналитических заключений, картографических материалов и отчётных данных, пригодных для использования в системах поддержки принятия управленческих решений.

Занятия проводятся в компьютерном классе с использованием офисного пакета MS Office (Excel, Access), открытой геоинформационной системы QGIS, а также специализированного учебного программного обеспечения. Структура практического занятия включает:

- вводный инструктаж (20 мин.): постановка профессионально значимой задачи в контексте изученной темы (например, «оценка сезонной динамики загрязнения атмосферного воздуха по данным мониторинга»), актуализация необходимого теоретического материала и разбор методологии;
- подготовка к работе (10 мин.): настройка программного обеспечения, ознакомление с предоставленным массивом исходных экологических данных (имитирующих реальные данные мониторинга, инвентаризации или лабораторных исследований), уточнение индивидуального варианта задания;
- выполнение задания (70 мин.): самостоятельная работа по обработке данных, проведению расчётов, построению аналитических срезов, моделей и

визуализации результатов (графиков, карт, дашбордов) в соответствии с поставленной задачей;

- защита работы (20 мин.): краткая презентация полученных результатов, аргументация выбранных методов анализа, формулировка содержательных выводов в экологическом контексте, ответы на вопросы преподавателя и участие в групповом обсуждении.

В процессе защиты практических работ оцениваются:

- корректность выполнения работы и соответствие полученных результатов поставленной профессиональной задаче;

- глубина понимания методологии: умение аргументировать выбор инструментов и методов анализа, объяснять логику выполненных действий;

- качество визуализации и представления данных: наглядность, соответствие стандартам оформления графиков и карт, корректность подписей и условных обозначений;

- содержательность интерпретации: способность перевести числовые результаты и графические образы в содержательные выводы о состоянии окружающей среды, тенденциях, рисках или эффективности природоохранных мер;

- свобода владения теоретическим материалом и профессиональной терминологией в рамках темы практической работы.

Рекомендации по подготовке к практическому занятию:

- заранее изучить соответствующую тему лекционного курса, используя конспекты и рекомендованную литературу;

- ознакомиться с методическими указаниями к конкретной работе, понять логику поставленной задачи и последовательность этапов её решения;

- при непосредственном выполнении работы фиксировать возникающие проблемы, применённые методы их решения и ключевые промежуточные результаты для включения в итоговый отчёт;

- в случае пропуска занятия – изучить тему и выполнить работу самостоятельно, после чего обратиться к преподавателю на консультации для защиты и разъяснения сложных моментов;

Требования к оформлению отчета по практической работе:

- титульный лист (название университета, работы, ФИО студента, группы);

- цель работы и краткое описание исходных данных;

- ход выполнения работы с описанием ключевых этапов, применённых инструментов и методов анализа;

- полученные результаты, представленные в виде структурированных таблиц, графиков, диаграмм или карт (каждый графический материал должен иметь номер и содержательную подпись);

- анализ результатов и выводы – наиболее важный раздел, в котором результаты интерпретируются в контексте поставленной экологической задачи, формулируются содержательные заключения;

- практические рекомендации или оценка ограничений проведённого анализа.

*Важные замечания, которые необходимо учитывать при подготовке и выполнении практических работ:*

- **Подготовка:** перед занятием обязательно ознакомьтесь с теоретическим материалом и методическими указаниями.

- **Плагиат:** все работы должны выполняться индивидуально. Прямое копирование результатов не допускается. Отчёт должен отражать ваш личный ход работы и понимание.

- **Воспроизводимость:** описанные в отчёте действия должны позволять воспроизвести ваши результаты на основе тех же исходных данных.

- **Своевременность:** сроки сдачи отчётов устанавливаются преподавателем и должны строго соблюдаться.

## 2 ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

### Тема 1. Многомерный анализ данных мониторинга атмосферного воздуха средствами MS Excel

**Цель:** сформировать навыки применения инструментов MS Excel для структурирования, анализа, визуализации и интерпретации данных экологического мониторинга с целью оценки состояния окружающей среды и антропогенной нагрузки.

**Задачи:**

1. На основе исходной плоской таблицы данных экологического мониторинга и связанных справочников (ПДК, характеристики постов) сформировать единый массив данных, обогащённый нормативной, пространственной и служебной информацией.

2. Освоить методологию «двухэтапной агрегации» для корректного подсчёта уникальных событий (дней наблюдений, дней с превышениями, перечня контролируемых веществ) в условиях избыточности первичных данных, используя исключительно инструменты сводных таблиц.

3. Научиться проектировать группирующие сводные таблицы для устранения избыточности и формировать на их основе подсчитывающие сводные таблицы для получения точных количественных оценок.

4. Применять группировку непрерывных величин (дат, концентраций) для создания профессиональных аналитических категорий (сезоны, уровни загрязнения).

5. Использовать вычисляемые поля для расчёта производных нормативных показателей (кратность превышения ПДК, бинарные индикаторы превышений).

6. Освоить методы приоритизации: выявление «горячих точек» и приоритетных загрязнителей с помощью фильтрации по значению и ранжирования.

7. Визуализировать результаты анализа с помощью диаграмм, динамически связанных со сводными таблицами, и создать интерактивный дашборд для оперативного контроля качества воздуха.

**Необходимое программное обеспечение и материалы:**

- Табличный процессор Microsoft Excel (версия 2016 или новее) с поддержкой сводных таблиц, срезов и временных шкал.

- Файл с исходными данными (структура обязательна для сквозного проекта):

○ Лист «Сырые\_данные» – результаты натурных наблюдений на постах г. Калининграда и области за период 2020–2025 гг. Поля: *Дата*, *Пост*, *Вещество*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ Лист «Справочник\_ПДК» – нормативы качества и дополнительные коэффициенты. Поля: *Вещество*, *ПДКсс\_мг\_м3*, *ПДКмр\_мг\_м3*, *Класс\_опасности*, *RfC\_мг\_м3* (референтная концентрация), *Сi\_ИЗА* (коэффициент для расчёта ИЗА), *Органы\_мишени*.

○ Лист «Справочник\_постов» – характеристики постов наблюдения. Поля: *Пост*, *Адрес*, *Тип\_местности* (городской/фоновый/промышленный), *Высота\_м*, *Координата\_X*, *Координата\_Y*, *Муниципалитет*.

• Методические указания по расчёту индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) и коэффициента опасности (НQ) для оценки риска здоровью (предоставляются в составе пособия).

### **Ход практической работы:**

**Блок 1. Подготовка инфраструктуры данных: от сырых измерений к аналитической таблице**

**Методический комментарий:** исходные данные разделены на три таблицы. Для полноценного многомерного анализа их необходимо объединить в единую таблицу, где каждая строка содержит не только результат измерения, но и всю сопутствующую нормативную, пространственную и классификационную информацию. Такой подход позволяет выполнять все дальнейшие расчёты средствами сводных таблиц, без многократных обращений к справочникам внутри отчёта.

**Этап 1.1. Импорт справочной информации в таблицу фактов с помощью ВПР**

1. Создайте копию листа «Сырые\_данные» и переименуйте её в «Данные\_для\_анализа». Все дальнейшие операции выполняются на этом листе.

2. Добавление в таблицу нормативов ПДК и коэффициентов: справа от существующих данных последовательно добавьте поля, используя функции *ИНДЕКС* и *ПОИСКПОЗ* или *ВПР*:

3. Добавление характеристик постов: добавьте поля из справочника постов по ключу *Пост* (используя те же самые функции).

4. Проверка корректности подстановки: убедитесь, что для всех строк найдены значения (отсутствие #Н/Д). Если ошибки присутствуют, проверьте написание наименований веществ и постов – они должны быть идентичны во всех таблицах.

**Этап 1.2. Первичная валидация и очистка данных**

1. Проверьте формат полей: поле *Дата* должно иметь тип «Дата», числовые поля – числовой тип.

2. Выявите пропуски в обязательных полях (*Вещество, Концентрация\_мг\_м3*). Примите решение: удалите строки с пропусками ключевых показателей.

3. Проверьте аномальные значения: отрицательные концентрации, нулевые значения для ненулевых по умолчанию веществ, даты будущего времени. При обнаружении аномалий согласуйте действия с преподавателем (удаление, замена на среднее, запрос исходных данных).

---

## **Блок 2. Работа с уникальными идентификаторами (двухэтапная агрегация)**

**Общий методический комментарий:** лист «*Данные\_для\_анализа*» содержит множество записей, выполненных в один день на одном посту (разные вещества). Прямой подсчёт строк даёт некорректный ответ на вопросы:

- «Сколько дней в году работал пост?»
- «Сколько различных веществ контролируется на посту?»
- «Сколько дней фиксировались превышения ПДК по веществу?»

*Решение – двухэтапная агрегация через сводные таблицы:*

1. Группирующая сводная таблица – создаёт список уникальных комбинаций идентифицирующих полей. *Обязательные настройки макета:* Табличная форма, повтор подписей элементов, отключение всех итогов.

2. Подсчитывающая сводная таблица – строится на основе группирующей и выполняет итоговый подсчёт количества уникальных элементов.

*Важно:* все временные группировки (по годам, кварталам, месяцам) выполняются непосредственно в сводных таблицах с помощью инструмента «*Группировка*» (правая кнопка мыши по полю с датами → Группировать → выбрать нужные интервалы). Вычисляемые показатели (например, кратность превышения ПДК) создаются как *вычисляемые поля* внутри сводной таблицы (вкладка «*Анализ сводной таблицы*» → «*Поля, элементы и наборы*» → «*Вычисляемое поле*»).

---

### **Задание 2.1. Определение продолжительности мониторинга (количество дней наблюдений)**

**Задача:** оценить фактическую интенсивность работы постов наблюдения. Показатель «количество дней с измерениями в году» характеризует техническую готовность оборудования и репрезентативность ряда для расчёта среднегодовых концентраций.

**Методический подход:** необходимо подсчитать количество уникальных дат для каждой пары «*Пост – Год*». Для этого используется группировка поля Дата по годам.

### ***Последовательность действий:***

#### ***1. Группирующая сводная таблица.***

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «2.1».
- Область «Строки»: *Пост, Дата*.

#### ***2. Группировка дат по годам и дням.***

#### ***3. Настройка макета Группирующей таблицы (критически важно).***

- Вкладка «Конструктор»:
  - Макет отчёта → «Показать в табличной форме».
  - Повторение подписей → «Повторять все подписи элементов».
  - Промежуточные итоги → «Не показывать промежуточные итоги».
  - Общие итоги → «Отключить для строк и столбцов».

○ *Результат:* каждая строка таблицы – уникальная комбинация «Пост – Год – Дата». Дубли дат в рамках одного года и поста отсутствуют.

#### ***4. Подсчитывающая сводная таблица (итоговый результат).***

- Выделите любую пустую ячейку внутри листа «2.1».
- Вставка → Сводная таблица → выбрать диапазон ячеек из первой сводной таблицы (заголовки + значения).
- Область «Строки»: *Пост*.
- Область «Столбцы»: поле *Год*.
- Область «Значения»: поле *Дата (дни)* с операцией «Количество».

### ***Интерпретация результатов:***

• *Пример вывода:* «Пост «Центральный» в 2024 году функционировал 312 дней (85% от календарного года). Пост «Фоновый» – 158 дней. Низкая частота наблюдений на фоновом посту снижает достоверность оценки регионального загрязнения».

• *Экологический смысл:* посты с пропущенными периодами не могут служить надёжной базой для расчёта долгосрочных трендов.

---

## ***Задание 2.2. Инвентаризация контролируемых параметров (полнота охвата)***

***Задача:*** выявить посты, на которых программа наблюдений является неполной (отсутствует контроль отдельных загрязняющих веществ, предусмотренных региональным перечнем).

***Методический подход:*** необходимо подсчитать количество уникальных веществ, контролировавшихся на каждом посту в разрезе лет. Год выделяется группировкой дат.

### ***Последовательность действий:***

#### ***1. Группирующая сводная таблица.***

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».

- Вставка сводной таблицы на лист: «2.2».
- Область «Строки»: *Пост, Год, Вещество*.
- Настройка макета – в соответствии с инструкцией в Задании 2.1.

## 2. Подсчитывающая сводная таблица.

- На основе первой сводной таблицы создайте новую сводную таблицу на этом же листе.
- Область «Строки»: *Пост*.
- Область «Столбцы»: *Год*.
- Область «Значения»: *поле Вещество* с операцией «Количество».

### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «На посту «Южный» перечень контролируемых веществ за 5 лет расширился с 8 до 15. На посту «Промышленный» программа мониторинга не включает формальдегид и бенз(а)пирен, что не позволяет оценить вклад специфических выбросов предприятия».

• *Экологический смысл:* отсутствие контроля маркерных веществ делает невозможной идентификацию источников загрязнения.

### **Задание 2.3. Оценка интенсивности превышений ПДК (количество дней с неблагоприятной ситуацией)**

**Задача:** для природоохранной прокуратуры требуется подготовить сводку: сколько дней в отчётном году на каждом посту фиксировались превышения ПДКсс по приоритетным загрязнителям (например, диоксид азота, взвешенные частицы РМ10).

**Методический подход:** необходимо подсчитать количество уникальных дат, когда хотя бы одно измерение по заданному веществу показало превышение ПДКсс. Для этого:

- в группирующей сводной таблице создадим вычисляемое поле «Прев\_ПДКсс»;
- далее стандартная двухэтапная агрегация.

### **Последовательность действий:**

#### 1. Группирующая сводная таблица.

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на Лист «2.3».
- Область «Строки»: *Пост, Годы, Дни, Вещество*.

#### 2. Создание вычисляемого поля «Прев\_ПДКсс».

- Вкладка «Анализ сводной таблицы» → «Поля, элементы и наборы» → «Вычисляемое поле».
- Имя поля: *Прев\_ПДКсс*.
- Формула:  $=ЕСЛИ(Концентрация\_мг\_м3 > ПДКсс\_мг\_м3; 1; 0)$ .
- Нажмите ОК. Новое поле появится в списке полей сводной таблицы.

3. *Настройка макета* (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов).

4. *Подсчитывающая сводная таблица*.

5. На основе группирующей сводной таблицы создайте итоговую таблицу на этом же листе.

- Область «Фильтр»: *Прев\_ПДКсс=1*.
- Область «Строки»: *Пост, Вещество*.
- Область «Столбцы»: *Год*.
- Область «Значения»: *Дни с операцией «Количество»*.

#### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «В 2024 году на посту «Центральный» превышения ПДК по диоксиду азота фиксировались в течение 45 дней. Это на 12 дней больше, чем в 2023 году. Наблюдается устойчивый тренд ухудшения ситуации в центральной части города».

• *Экологический смысл:* показатель «число дней с превышениями» является официальным индикатором при формировании ежегодных докладов о состоянии окружающей среды.

---

### **Задание 2.4. Аудит отчётности: сверка с формой государственной статистики (2-ТП (воздух))**

**Задача:** в проектную организацию поступила заполненная форма 2-ТП (воздух) от предприятия. В форме указано, что в 2024 году на посту «Промышленный» превышения ПДКсс по диоксиду азота регистрировались 32 дня. Ваша задача – проверить корректность этой цифры на основе первичных данных, выявить возможные ошибки учёта и составить служебную записку.

*Усложняющий контекст (встроенные ошибки в данных):*

Преподаватель предоставляет версию файла, в которую внесены типичные «человеческие» ошибки:

- дубль строк (полная копия записей);
- несуществующая дата, например «31.11.2024» (Excel оставляет ее текстом);
- опечатка в названии вещества.

#### **Последовательность действий:**

1. *Выявление и устранение ошибок.*

○ *Дубли:* создать идентификатор (ID) каждой записи, используя функцию **СЦЕПИТЬ** (соединив в одну строку дату, пост и вещество через нижнее подчеркивание (*Дата\_Пост\_Вещество*)). Главная → Условное форматирование → Правила выделения ячеек → Повторяющиеся значения.

○ Создайте новое поле «Использовать» и, используя функции **ЕСЛИ**, **ЕСЛИОШИБКА**, **ПОИСКПОЗ**, установите признак 1, если ID не встречался

выше, 0 – в противном случае. Ниже представлен пример формулы для ячейки Н11:

=ЕСЛИ(ЕСЛИОШИБКА(ПОИСКПОЗ(ID;\$G\$9:G10;0);0)=0;1;0)

где ID – ячейка с идентификатором для текущей строки,

\$G\$9 – идентификатор для первой строки таблицы;

G10 – ячейка с идентификатором для предыдущей (относительно текущей) строки таблицы.

○ Некорректные даты: используя функцию ЕТЕКСТ([@Дата]), дополнить формулу в поле «Использовать» для проверки корректности дат. Если результат ИСТИНА – поле содержит текст, а не дату.

Полный вариант формулы с учетом функции ЕТЕКСТ представлен ниже:

=ЕСЛИ(И(ЕСЛИОШИБКА(ПОИСКПОЗ(G11;\$G\$9:G10;0);0)=0;  
НЕ(ЕТЕКСТ(A11)));1;0)

где A11 – ячейка с предполагаемой датой

○ Опечатки в веществах: постройте сводную таблицу со строками Вещество и подсчитайте количество записей. Определите, в наименовании каких веществ допущены ошибки. Сформируйте новое поле «Вещество\_корр», где, используя функцию ЕСЛИ, напишите формулу, приводящую к единообразию названия веществ.

## 2. Выявление ошибочных записей и подсчет их количества.

○ Сформируйте сводную таблицу на основании исходной таблицы и добавленных полей:

▪ Область «Фильтры»: *Использовать (0)*.

▪ Область «Фильтры»: *Дата, Пост, Вещество, Концентрация*.

▪ Таблица отображает список строк исходной таблицы, где были допущены дубли и некорректные даты.

## 3. Пересчет эталонного значения.

Используя методологию задания 2.3, рассчитайте фактическое количество дней с превышениями ПДКсс по диоксиду азота для поста «Промышленный» за 2024 год (с учетом сделанных корректировок по названиям веществ, дубликатам записей и некорректных дат). Для этого в группирующей таблице установите фильтр по следующим полям

▪ Вещество = «Азота диоксид».

▪ Пост = «Промышленный».

▪ Использовать = 1

и используйте вычисляемое поле Прев\_ПДКсс с признаком 1

=ЕСЛИ(Концентрация\_мг\_м3>ПДКсс;1;0)

## 4. Формулировка заключения.

На листе «2.4» оформите краткую служебную записку (5–7 предложений). Укажите:

- выявленные расхождения;
- предположительную причину (например, «в форме не учтены данные за март 2024 г.» или «при формировании отчёта использован неверный критерий ПДК<sub>мр</sub> вместо ПДК<sub>сс</sub>»);
- корректное значение показателя.

### ***Интерпретация результатов:***

• ***Профессиональный навык:*** умение обнаруживать и исправлять ошибки во «входных» данных – ключевая компетенция эколога-аналитика. Выпускник, владеющий этими приёмами, способен предотвратить предоставление недостоверной отчётности в контролирующие органы.

---

### ***Блок 3. Классификация и группировка непрерывных величин***

***Общий методический комментарий:*** исходные данные содержат непрерывные числовые поля (концентрации, глубины и т.п.). Для содержательного анализа часто требуется преобразовать их в категории: низкий/средний/высокий уровень загрязнения, размерные классы и т.д. В сводных таблицах для этого используются:

1. *Группировка поля* (правая кнопка мыши по полю в сводной таблице → Группировать) – для создания интервалов с заданным шагом.

2. *Вычисляемые поля, возвращающие числовые коды категорий*, с последующим использованием дополнительных формул вне сводной таблицы для текстовых подписей.

---

### ***Задание 3.1. Ранжирование постов по уровню загрязнения***

***Задача:*** распределить посты наблюдения по категориям в зависимости от величины среднегодовой концентрации диоксида азота (NO<sub>2</sub>) за 2024 год.

***Методический подход:*** необходимо рассчитать среднюю концентрацию NO<sub>2</sub> на каждом посту за 2024 год. Затем, на основе среднего значения и стандартного отклонения, вычисленных по всем постам, определить границы категорий (низкий, средний, высокий уровень) и присвоить каждому посту соответствующую категорию. Поскольку категории являются текстовыми, их присвоение выполняется с помощью формул вне сводной таблицы, после чего строится итоговая таблица с подсчётом числа постов в каждой категории.

### ***Последовательность действий:***

1. *Базовая сводная таблица для расчёта концентраций по постам.*

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «3.1».
- Область «Фильтры»: *Вещество* («Азота диоксид»), *Год* (2024).
- Область «Строки»: *Пост*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».

## 2. Расчёт статистических параметров для создания категорий.

○ Полученная сводная таблица содержит столбец средних концентраций для каждого поста.

○ Рядом с этим столбцом (например, в ячейках справа от сводной) рассчитайте:

▪  $Общее\_среднее = СРЗНАЧ(диапазон\ средних\ концентраций)$  – среднее значение по всем постам.

▪  $Ст\_откл = СТАНДОТКЛОН.В(диапазон\ средних\ концентраций)$  – стандартное отклонение по постам.

○ Определите границы категорий:

▪ Нижняя граница высокого уровня:  $Общее\_среднее + Ст\_откл$

▪ Верхняя граница низкого уровня:  $Общее\_среднее - Ст\_откл$

## 3. Присвоение категорий каждому посту с помощью формул.

○ В новом столбце рядом со значениями средних концентраций (например, столбец D) для каждой строки (поста) запишите формулу, определяющую категорию с использованием функции ЕСЛИ:

$=ЕСЛИ(@СрКонц\_мг\_м3 < [верхняя\_граница\_низкого]; "Низкий"; ЕСЛИ([@СрКонц\_мг\_м3 > [нижняя\_граница\_высокого]; "Высокий"; "Средний"))$ .

Вместо  $@СрКонц\_мг\_м3$  используйте ссылку на ячейку с соответствующим значением. Вместо  $[верхняя\_граница\_низкого]$  и  $[нижняя\_граница\_высокого]$  – абсолютные ссылки на ячейки с рассчитанными границами (например,  $\$F\$1$  и  $\$F\$2$ ).

4. Построение итоговой таблицы с распределением постов по категориям.

○ Выделите диапазон, содержащий названия постов и присвоенные им категории.

○ Вставьте новую сводную таблицу (на этом же листе), в которой:

▪ Область «Строки»: поле с категориями.

▪ Область «Значения»: поле «Пост» с операцией «Количество».

### **Интерпретация результатов:**

• **Пример вывода:** «В 2024 году 3 поста (20 %) отнесены к категории с высоким уровнем загрязнения диоксидом азота, 10 постов (67 %) – к среднему уровню, 2 поста (13 %) – к низкому. Высокий уровень зафиксирован на постах в центральной и промышленной зонах города».

• **Экологический смысл:** категоризация позволяет выделить зоны экологического неблагополучия и определить приоритетные территории для разработки природоохранных мероприятий.

---

### **Задание 3.2. Сезонная классификация уровня загрязнения взвешенными частицами (PM10)**

**Задача:** для взвешенных частиц PM10 проанализировать сезонную динамику загрязнения за каждый год наблюдений. Определить, в какие сезоны (зима, весна, лето, осень) концентрации PM10 были максимальными и минимальными в каждом году. Построить таблицу и диаграмму, наглядно отображающую изменение сезонного профиля загрязнения по годам.

**Методический подход:** для каждого года необходимо рассчитать среднюю концентрацию PM10 в каждом сезоне. Для этого выполняется группировка дат по годам и месяцам, затем месяца объединяются в сезоны с помощью дополнительного поля (на основе текстовых названий месяцев). Итоговая сводная таблица должна содержать годы в строках, сезоны в столбцах и средние концентрации в значениях. Для выделения максимальных и минимальных значений внутри каждого года используется условное форматирование или дополнительные формулы ранжирования.

#### **Последовательность действий:**

1. Базовая сводная таблица для получения средних концентраций по месяцам и годам.

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «3.2».
- Область «Фильтры»: *Вещество («Взвешенные частицы PM10»)*.
- Область «Строки»: *Год, Месяц*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3 с операцией «Среднее»*.

2. Создание дополнительного поля «Сезон».

- Имя поля: *Сезон*.
- Поле добавляется справа от полученной сводной таблицы.
- Для вычисления используйте формулу с функциями *ЕСЛИ* и *ИЛИ*.

3. Построение итоговой таблицы для анализа сезонной динамики по годам.

○ Создайте новую сводную таблицу на основе текущей сводной таблицы и поля *Сезон*.

- Область «Строки»: *Годы*.
- Область «Столбцы»: *Сезон*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3 с операцией «Среднее»*.
- Отформатируйте значения с тремя знаками после запятой.

4. Визуализация и анализ.

○ Вариант А (условное форматирование): выделите диапазон значений (без учёта итогов) и примените «Условное форматирование» → «Правила выделения ячеек» → «Больше» / «Меньше», чтобы подсветить максимальные и

минимальные значения в каждой строке (для каждого года). Например, создайте правило для максимума в строке с помощью формулы  $=B2=МАКС(\$B2:\$E2)$ .

○ Вариант Б (ранжирование): рядом с таблицей добавьте столбцы с рангами сезонов для каждого года, используя функцию *РАНГ.РВ* или *НАИБОЛЬШИЙ/НАИМЕНЬШИЙ*.

○ Построение графика: по результирующей таблицы постройте гистограмму с накоплением, показывающую, как меняется профиль загрязнения по сезонам в разные годы.

#### ***Интерпретация результатов:***

• *Пример вывода:* «Во все годы наблюдений максимальные концентрации РМ10 фиксировались в зимний период (декабрь–февраль), что связано с отопительным сезоном. Минимальные значения приходятся на летние месяцы. В 2023 году зимние концентрации были аномально высокими по сравнению с другими годами, что может указывать на увеличение выбросов от котельных».

• *Экологический смысл:* анализ сезонной динамики по годам позволяет выявить устойчивые закономерности и аномалии, а также оценить эффективность природоохранных мероприятий (например, перевод котельных на газ должен снизить зимние пики).

### **Блок 4. Расчёт производных и интегральных показателей**

***Общий методический комментарий:*** для комплексной оценки качества воздуха используются интегральные показатели, учитывающие несколько загрязняющих веществ одновременно. Наиболее распространённые:

• *ИЗА (индекс загрязнения атмосферы)* – сумма нормированных по ПДК и приведённых к классу опасности концентраций.

• *Коэффициент концентрации (Кк)* – отношение концентрации на исследуемом посту к фоновой концентрации.

#### ***Важное замечание по расчёту ИЗА:***

Вычисляемые поля в сводных таблицах всегда оперируют исходными данными (строками таблицы), а не уже агрегированными значениями (например, средними). Поэтому для корректного расчёта ИЗА необходимо выполнить двухэтапную процедуру:

1. В первой сводной таблице получить средние концентрации по каждому посту и веществу за год, а также подтянуть значения ПДК<sub>сс</sub> и  $C_i$  ИЗА.

2. На основе первой сводной таблицы создать вторую, в которой с помощью вычисляемого поля рассчитать приведённый показатель  $(C/ПДК)^{C_i}$  уже на уровне агрегированных данных и затем просуммировать его по постам.

#### **Задание 4.1. Расчёт индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для каждого поста**

**Задача:** рассчитать ИЗА для каждого поста за 2024 год. Выявить посты с «Высоким» (ИЗА 5–7) и «Очень высоким» (ИЗА  $\geq 7$ ) уровнем загрязнения.

##### **Методический подход:**

ИЗА рассчитывается по формуле (результат округляется до целого числа):

$$ИЗА = \sum ( (C_i / ПДК_i)^{C_i} ),$$
 где:

$C_i$  – средняя концентрация  $i$ -го вещества по посту за год;

$ПДК_i$  – среднесуточная ПДК;

$C_i$  – коэффициент, зависящий от класса опасности вещества.

Расчёт выполняется в три этапа через связанные сводные таблицы:

1. Получение средних концентраций по каждому веществу на каждом посту, а также значений ПДК<sub>сс</sub> и  $C_i$  ИЗА.

2. Расчёт приведённого показателя  $(C_i / ПДК_i)^{C_i}$  для каждого вещества.

3. Суммирование полученных значений по постам.

##### **Последовательность действий:**

1. Группирующая сводная таблица.

○ Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».

○ Вставка сводной таблицы на лист «4.1».

○ Область «Фильтры»: Год (2024).

○ Область «Строки»: Пост, Вещество.

○ Область «Значения»: Концентрация\_мг\_м3 с операцией «Среднее».

2. Добавление в сводную таблицу полей ПДК<sub>сс\_мг\_м3</sub> и  $C_i$  ИЗА (подумать, в какую область их нужно добавить).

3. Настройка макета (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов).

4. Вторая сводная таблица (расчёт приведенного показателя).

○ На основе группирующей сводной таблицы создайте новую таблицу.

○ Область «Строки»: Пост, Вещество.

○ Добавить вычисляемое поле «Привед\_показатель» и рассчитать его для каждой пары вещество-пост.

5. Третья сводная таблица (расчет ИЗА)

○ Область «Строки»: Пост.

○ Область «Значения»: Привед\_показатель с операцией Сумма (переименовать в  $\sum$  ИЗА, округлить до целого).

6. Классификация постов по уровню загрязнения.

○ Добавьте рядом с третьей таблицей новое поле «Уровень\_загрязнения» с формулой:

=ЕСЛИ(ОКРУГЛ( $\Sigma$  ИЗА;0) < 4; "Низкий"; ЕСЛИ(ОКРУГЛ( $\Sigma$  ИЗА;0) < 6; "Повышенный"; ЕСЛИ(ОКРУГЛ( $\Sigma$  ИЗА;0) < 13; "Высокий"; "Очень высокий"))),

где вместо  $\Sigma$  ИЗА используется соответствующая ячейка со значением из сводной таблицы.

#### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «В 2024 году пост «Промышленный» имеет ИЗА = 8 (высокий уровень загрязнения). Пост «Центральный» – ИЗА = 6 (повышенный уровень). Пост «Фоновый» – ИЗА = 2 (низкий уровень)».

• *Экологический смысл:* ИЗА позволяет ранжировать территории по комплексному воздействию загрязнения и отслеживать динамику за годы.

---

### **Задание 4.2. Расчёт коэффициента концентрации (Кк) относительно фонового поста**

**Задача:** рассчитать, во сколько раз средняя концентрация диоксида серы (SO<sub>2</sub>) на посту «Промышленный» выше, чем на фоновом посту «Фоновый», за каждый год наблюдений.

**Методический подход:** коэффициент концентрации рассчитывается как отношение средних концентраций на исследуемом и фоновом постах. Это позволяет оценить вклад локальных источников загрязнения.

#### **Последовательность действий:**

1. Сводная таблица для получения средних концентраций по постам и годам.

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «4.2».
- Область «Фильтры»: *Вещество* («Серы диоксид»).
- Область «Строки»: *Год*.
- Область «Столбцы»: *Пост*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».

2. *Настройка макета (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов).*

3. *Расчёт коэффициента концентрации вне сводной таблицы.*

○ Создайте новое поле рядом с таблицей на этом же листе, где для каждого года вычислите:  $K_k = \frac{\text{Средняя концентрация на посту «Промышленный»}}{\text{Средняя концентрация на посту «Фоновый»}}$ .

4. *Визуализация.*

Постройте линейную диаграмму, отображающую динамику коэффициента концентрации по годам.

### ***Интерпретация результатов:***

• *Пример вывода:* «Коэффициент концентрации SO<sub>2</sub> на промышленном посту варьируется от 3,2 до 4,5 за период 2020–2025 гг. Максимальное превышение фона (в 4,5 раза) зафиксировано в 2022 году, что может быть связано с увеличением объёмов производства».

• *Экологический смысл:* коэффициент концентрации позволяет количественно оценить влияние конкретного источника или группы источников на качество воздуха в районе наблюдений.

---

### ***Блок 5. Приоритизация и ТОП-анализ***

***Общий методический комментарий:*** на практике экологу часто требуется выделить наиболее значимые объекты или явления: приоритетные загрязнители, «горячие точки», наихудшие посты. Для этого используются инструменты ранжирования, фильтрации по значению и вычисляемые поля в сводных таблицах. Важно, что многие задачи решаются путём комбинации группирующих и подсчитывающих сводных таблиц, а также использования фильтра «Первые 10» для отбора лидеров.

---

#### ***Задание 5.1. Определение приоритетных загрязнителей для каждого поста***

***Задача:*** для каждого поста наблюдения определить три вещества, по которым за 2024 год зафиксирована наибольшая средняя кратность превышения ПДКсс.

***Методический подход:*** необходимо рассчитать среднюю кратность превышения ПДКсс (концентрация / ПДКсс) по каждому веществу на каждом посту за 2024 год. Затем для каждого поста отобрать три вещества с максимальными значениями этого показателя.

Поскольку вычисляемые поля в сводных таблицах работают на уровне исходных строк, а нам нужна средняя кратность, действуем в два этапа:

1. В первой сводной таблице получаем средние концентрации по веществам и постам, подтягиваем ПДКсс.

2. Во второй сводной таблице, построенной на основе первой, создаём вычисляемое поле «Средняя кратность ПДК» (средняя концентрация / ПДКсс) и затем для каждого поста применяем фильтр по значению «Первые 10» (с параметром 3) к полю вещества.

#### ***Последовательность действий:***

1. Первая сводная таблица (подготовительная).

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «5.1».
- Область «Фильтры»: Год (2024).

- Область «Строки»: *Пост, Вещество, ПДКсс\_мг\_м3*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее» (получим среднюю концентрацию вещества на посту за год).
- Настройка макета: табличная форма, повтор подписей, отключение промежуточных и общих итогов.
- 2. *Вторая сводная таблица (расчёт кратности и отбор ТОП-3)*.
- Вставка → Сводная таблица. Укажите первую таблицу как источник. Разместите новую таблицу, например, справа.
- В новой таблице:
  - Область «Строки»: *Пост, Вещество*.
  - Область «Значения»: добавьте вычисляемое поле.
    - Имя: *Ср\_кратность\_ПДК*.
    - Формула:  $= (\text{Среднее по Концентрация\_мг\_м3}) / \text{ПДКсс\_мг\_м3}$ .
- Примените фильтр по значению для поля *Вещество* («Фильтры по значению» → «Первые 10»).
- Вещества упорядочить в порядке убывания кратности ПДК для каждого поста.

#### ***Интерпретация результатов:***

- Полученная таблица показывает для каждого поста три вещества с наибольшей средней кратностью превышения ПДК в 2024 году.
- *Пример вывода:* «На посту «Промышленный» приоритетными загрязнителями являются диоксид азота (ср. кратность 2,3), формальдегид (1,9) и взвешенные частицы PM10 (1,5). Эти вещества требуют первоочередного внимания при разработке природоохранных мероприятий».

#### ***Задание 5.2. Выявление «горячей точки» – максимальная кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>***

***Задача:*** определить дату, пост и вещество, где за весь период наблюдений (2020–2025 гг.) зафиксирована наибольшая кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>. Результат представить в виде краткой записи.

***Методический подход:*** поскольку разные вещества имеют разные абсолютные концентрации, сравнивать их напрямую некорректно. Вместо этого используется показатель «кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>», который нормирует измерение к нормативу. Задача решается в 2 этапа: 1 – построение сводной таблицы, в которой для каждой комбинации «Дата – Пост – Вещество» рассчитывается значение кратности. Далее, используя функцию *МАКС*, определяется максимальная кратность превышения, а с помощью функций *ИНДЕКС* и *ПОИСКПОЗ* определяются дата, пост и вещество, которые в совокупности дают искомую «горячую точку».

### **Последовательность действий:**

#### **1. Сводная таблица для расчета кратности превышения ПДК<sub>мр</sub>.**

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «5.2».
- Область «Строки»: Дата, Пост, Вещество.
- Область «Значения»: вычисляемое поле  $KpПревПДК_{мр}$ , расчетная формула = (Концентрация\_мг\_м3 / ПДК<sub>мр</sub>\_мг\_м3).

#### **2. Определение «горячей точки».**

- Справа от сводной таблицы сформируйте таблицу, состоящую из двух столбцов.
- В столбце слева построчно запишите (в качестве заголовков строк) «Макс. кратн. прев. ПДК<sub>мр</sub>», «Дата», «Пост», «Вещество».
- В столбце справа для поля «Макс. кратн. прев. ПДК<sub>мр</sub>» с помощью функции МАКС определите максимальную кратность превышения ПДК<sub>мр</sub> на основании данных, полученных в сводной таблице.
- В столбце справа для полей «Дата», «Пост» и «Вещество» с помощью функций ИНДЕКС и ПОИСКПОЗ определите по сводной таблице дату, пост и вещество, для которых была зафиксирована максимальная кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>.

#### **3. Оформление результата.**

- На листе «5.2» под сводной таблицей запишите вывод, например:
- «Абсолютный максимум концентрации (X.XXX мг/м<sup>3</sup>) зафиксирован [дата] на посту [название] по веществу [вещество]».

### **Интерпретация результатов:**

• **Пример вывода:** «Абсолютный максимум концентрации (0,245 мг/м<sup>3</sup>) зафиксирован 15.01.2021 на посту «Промышленный» по веществу «Азота диоксид». Это может указывать на залповый выброс или неблагоприятные метеоусловия».

• **Экологический смысл:** такие «горячие точки» требуют дополнительного анализа для выявления причин аномально высоких концентраций.

---

### **Задание 5.3. Ранжирование постов по комплексному показателю (число дней с превышениями)**

**Задача:** проранжировать посты наблюдения по количеству дней с превышениями ПДК<sub>сс</sub> в 2024 году (по любому веществу). Определить три поста с наихудшей ситуацией.

**Методический подход:** используем двухэтапную агрегацию для подсчёта уникальных дней с превышениями на каждом посту. Затем строим сводную таблицу, сортируем посты по убыванию количества дней и применяем фильтр «Первые 10» (3 элемента) для выделения лидеров.

### **Последовательность действий:**

#### **1. Группирующая сводная таблица для подсчёта дней с превышениями.**

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «5.3».
- Область «Фильтры»: Год (2024).
- Область «Строки»: Пост, Дата.
- Область «Значения»: вычисляемое поле «Признак\_превыш» (формула: =ЕСЛИ(Концентрация\_мг\_м3 > ПДКсс\_мг\_м3; 1; 0)).
- Настройка макета: табличная форма, повтор подписей, отключение итогов.
- После настройки таблица будет содержать уникальные комбинации «Пост–Дата» и признак (1, если в этот день было хотя бы одно превышение по любому веществу, 0 – если нет).

#### **2. Подсчитывающая сводная таблица (количество дней с превышениями по постам).**

- На основе группирующей таблицы создайте новую сводную таблицу (на этом же листе).
- Область «Строки»: Пост.
- Область «Фильтры»: добавьте поле Признак\_превыш и установите значение 1 (чтобы учитывать только дни с превышениями).
- Область «Значения»: поле Дата с операцией «Количество».
- Отсортируйте таблицу по убыванию количества дней превышений.

#### **3. Отбор двух постов с наихудшей ситуацией.**

- Для поля Пост выберите «Фильтры по значению» → «Первые 10».

### **Интерпретация результатов:**

• **Пример вывода:** «В 2024 году наибольшее число дней с превышениями ПДК зафиксировано на посту «Центральный» (45 дней), далее следуют «Промышленный» (38 дней) и «Северный» (29 дней). Эти посты требуют первоочередных мер по снижению выбросов».

• **Экологический смысл:** ранжирование постов по частоте превышений позволяет расставить приоритеты в планировании проверок и природоохранных мероприятий.

---

## **Блок 6. Пространственно-временной анализ**

**Общий методический комментарий:** анализ экологических данных редко ограничивается одним временным срезом или одной точкой. Пространственно-временной анализ позволяет выявить тренды изменения загрязнения на различных территориях, сравнить динамику разных постов, оценить влияние сезонности и многолетних изменений. В данном блоке

используются инструменты группировки дат (годы, месяцы, кварталы) и сравнения показателей в разрезе постов.

---

### **Задание 6.1. Анализ многолетних трендов концентраций формальдегида**

**Задача:** для формальдегида (вещество 2-го класса опасности) построить линейный тренд среднегодовых концентраций за период 2020–2025 гг. Определить, наблюдается ли устойчивый рост или снижение загрязнения на посту «Промышленный».

**Методический подход:** рассчитываем среднегодовые концентрации формальдегида (сводная таблица с группировкой дат по годам). Затем на основе полученных рядов строим точечную диаграмму и добавляем линию тренда. Для количественной оценки направления тренда можно использовать коэффициент наклона линейной регрессии (функция *НАКЛОН*) или просто визуальную оценку.

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Сводная таблица для получения среднегодовых концентраций.**

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «6.1».
- Область «Фильтры»: *Вещество («Формальдегид»), Пост («Промышленный»)*.
- Область «Строки»: *Год*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».

##### **2. Визуализация трендов.**

- На основе полученной таблицы постройте точечную диаграмму:
  - Добавьте линию тренда (тип «Линейная», отметьте «Показывать уравнение на диаграмме» и «Величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ )»).
- Проанализируйте знак коэффициента при  $x$  в уравнении тренда: положительный – рост, отрицательный – снижение.

##### **3. Формирование вывода.**

- В текстовой форме на листе укажите, наблюдается ли устойчивый рост, снижение или тренд отсутствует. Используйте значения  $R^2$  для оценки надёжности тренда.

#### **Интерпретация результатов:**

• **Пример вывода:** «На посту «Промышленный» зафиксирован устойчивый рост среднегодовых концентраций формальдегида (уравнение тренда  $y = 0,0003x + 0,0015$ ,  $R^2 = 0,85$ ).

• **Экологический смысл:** выявление трендов позволяет оценить эффективность природоохранных мероприятий или, наоборот, обнаружить зоны нарастающего загрязнения.

## **Задание 6.2. Сравнение сезонных профилей «зима–лето»**

**Задача:** для взвешенных частиц (PM10) по посту «Центральный» для каждого года рассчитать отношение средней зимней концентрации к средней летней концентрации. Выполнить аналогичные расчёты для диоксида азота (NO<sub>2</sub>) и оксида углерода (CO). Сравнить полученные коэффициенты – какой из загрязнителей имеет более выраженную сезонность? Построить линейный график изменения отношения «Зима/Лето» по годам по трем веществам.

**Методический подход:** используем группировку дат по годам и месяцам, затем создаём дополнительное поле «Сезон» (зима/лето) на основе месяца (зима: декабрь, январь, февраль; лето: июнь, июль, август). Далее строим сводную таблицу, где в строках – вещество и год, в столбцах – сезон (зима и лето), в значениях – средняя концентрация. Затем строим третью сводную таблицу и вычисляем отношение.

### **Последовательность действий:**

1. *Подготовительная сводная таблица со средними концентрациями по годам, месяцам и постам.*

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «6.2».
- Область «Фильтры»: Пост («Центральный»).
- Область «Строки»: Год, Месяцы, Вещество («Взвешенные частицы PM10», «Азота диоксид», «Углерода оксид»).
- Область «Значения»: Концентрация\_мг\_м3 с операцией «Среднее».
- Настройка макета: табличная форма, повтор подписей, отключение итогов.

2. *Создание доп. поля «Сезон» (зима/лето или зима/весна/лето/осень).*

▪ **Формула** (для случая зима/лето):

=ЕСЛИ(ИЛИ(Месяцы="дек"; Месяцы="январь"; Месяцы="февраль"); "Зима"; ЕСЛИ(ИЛИ(Месяцы="июнь"; Месяцы="июль"; Месяцы="август"); "Лето"; "Другое"))).

Вместо Месяцы используется ссылка на ячейку с месяцем.

3. *Построение второй сводной таблицы для расчёта средних по сезонам.*

- На основе подготовительной таблицы создайте новую сводную таблицу.
- Область «Строки»: Вещество, Год.
- Область «Столбцы»: Сезон (зима/лето).
- Область «Значения»: Среднее по Концентрация\_мг\_м3.
- Настройка макета: табличная форма, повтор подписей, отключение итогов.

4. *Расчёт отношения Зима/Лето.*

○ На основании второй таблицы постройте рядом третью сводную таблицу.

○ Область «Строки»: *Год*.

○ Область «Столбцы»: *Вещество*.

○ Область «Значения»: вычисляемое поле *Отн*» (*[значение для зимы] / [значение для лета]*) (используйте соответствующие имена полей второй сводной таблицы).

5. *Визуализация*.

○ Постройте график, отображающий отношение *Зима/Лето* для разных веществ (по годам).

***Интерпретация результатов:***

• *Пример вывода:* «Отношение зимней концентрации PM10 к летней превышает 1,5, что подтверждает влияние отопительного сезона. Максимальное отношение (2,8) зафиксировано в 2023 году, что может указывать на использование угольного топлива».

• *Экологический смысл:* оценка сезонных контрастов помогает идентифицировать вклад отопления в загрязнение воздуха и планировать мероприятия по снижению выбросов в холодный период.

## ***Блок 7. Сложные двухэтапные модели***

***Общий методический комментарий:*** в реальных задачах часто требуется одновременно учитывать два критерия, например, частоту и интенсивность превышений ПДК. Такие двумерные классификации позволяют выявить объекты, требующие особого внимания. В этом блоке предлагается построить матрицы «частота–интенсивность» и использовать точечные диаграммы для визуализации.

### ***Задание 7.1. Анализ «частота vs интенсивность» превышений ПДК***

***Задача:*** классифицировать источники воздействия (посты/предприятия) по двум критериям: частота превышений (доля проб с превышением) и интенсивность превышений (средняя кратность превышения (только для тех проб, где превышение имело место)).

***Методический подход:***

• *Частота превышений* – доля проб (в процентах), в которых концентрация превышала ПДКсс.

• *Интенсивность превышений* – средняя кратность превышения ПДКсс (только для тех проб, где превышение имело место).

Классифицировать пары «пост–вещество» по этим двум критериям.

### **Последовательность действий:**

1. С помощью первой сводной таблицы подготовить необходимую исходную информацию (включая расчеты) для расчета показателей:

- Область «Фильтр»: Год (2024).
- Область «Строки»: Дни, Пост, Вещество, Концентрация\_мг\_м3 (для наглядности), ПДКсс\_мг\_м3 (для наглядности).
- Область «Значения»: добавить 2 вычисляемых поля: 1 – Прев\_ПДКсс (используя функцию ЕСЛИ, вывести 1 в случае превышения, 0 – в противном случае); 2 – КратнПревПДКсс (Концентрация / ПДКсс)

2. Построить вторую сводную таблицу (на основе первой), посчитав количество проб (дней) и общее количество превышений по каждой паре «пост-вещество»:

- Область «Строки»: Пост, Вещество.
- Область «Строки»: Дни (количество), Прев\_ПДКсс (сумма).

3. Рядом со второй таблицей добавить два новых столбца: «Частота превышений» и «Интенсивность превышений».

○ Частоту превышений рассчитать как отношение количества превышений к количеству проб (используя данные из соответствующих ячеек второй сводной таблицы);

○ Для определения интенсивности превышений построить третью сводную таблицу на основании первой.

- Область «Фильтры»: КратнПревПДКсс (все значения больше 1).
- Область «Строки»: Пост, Вещество.
- Область «Значения»: КратнПревПДКсс с операцией «Среднее».

○ На основании результатов третьей сводной таблицы сформировать значения для поля «Интенсивность превышений» (для второй сводной таблицы): если вещество (для данного поста) присутствует в третьей сводной таблице, в качестве значения берется его средняя кратность превышения, если отсутствует, тогда ставится 0 (можно использовать функции ЕСЛИОШИБКА, ИНДЕКС и ПОИСКПОЗ).

На основании таблицы 2 сформировать рядом со второй сводной таблицей еще одно поле «Хар-ка загрязнения», где с помощью функции ЕСЛИ необходимо в зависимости от соотношения частоты и интенсивности с граничными ориентирами дать интерпретацию загрязнения для каждой пары «пост-вещество».

Таблица 2 – Характеристика загрязнения по частоте и интенсивности превышений

Частота	Интенсивность	Интерпретация
> 50%	> 8	Критическая ситуация – вещество требует немедленного вмешательства
≤ 50%	> 8	Высокоинтенсивные, но редкие выбросы – возможны залповые сбросы/выбросы
≤ 50%	≤ 8	Относительно благополучная зона – превышения не носят системного характера
> 50%	≤ 8	Систематическое, но умеренное загрязнение – требует мер по снижению фона

#### 4. Визуализация: точечная диаграмма.

○ По каждому посту постройте точечную диаграмму на этом же листе (ось X – частота, ось Y – интенсивность).

○ Подпишите точки (названия веществ), где интенсивность и/или частота превышений больше 0.

#### **Интерпретация результатов:**

• Выделите зоны на диаграмме: правый верхний угол – высокая частота и высокая интенсивность (критическая ситуация), левый верхний – редкие, но сильные превышения (залповые выбросы), правый нижний – частые, но незначительные превышения (фоновое загрязнение).

• *Пример вывода:* «На посту «Промышленный» по диоксиду азота наблюдается высокая частота превышений (45%) и средняя интенсивность 2,3 ПДК. Это требует первоочередных мер».

### **Задание 7.2. Выявление уникальных пар «вещество–пост» с экстремальными превышениями**

**Задача:** вывести список уникальных комбинаций «Вещество–Пост», по которым хотя бы раз за весь период наблюдений было зафиксировано превышение ПДК<sub>сс</sub> более чем в 3 раза. Отобразить для них количество таких превышений и максимальную кратность превышения.

**Методический подход:** необходимо выявить все записи, где кратность превышения ПДК<sub>сс</sub> > 3, а затем получить уникальные пары «Вещество – Пост». Используется двухэтапная агрегация: группирующая сводная таблица для фильтрации и выделения уникальных комбинаций.

#### **Последовательность действий:**

##### 1. Группирующая сводная таблица для фильтрации.

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «7.2».
- Область «Строки»: Дата, Пост, Вещество.

○ Область «Значения»: сформировать вычисляемое поле *Кратность\_ПДКсс*, используя формулу:

$$= \text{Концентрация\_мг\_м3} / \text{ПДКсс\_мг\_м3}.$$

○ Фильтр по значению по полю *Вещество* («Больше»). В результате останутся только те записи, где кратность превышения ПДКсс была выше 3;

○ Настройка макета: *табличная форма, повтор подписей, отключение итогов*.

2. Построить вторую сводную таблицу (на основе первой), выявив для каждой пары «Пост-вещество» количество превышений ПДКсс более чем в 3 раза, а также количество таких превышений.

○ Область «Строки»: *Пост, Вещество*.

○ Область «Значения»: *Дата* с операцией «Количество», *Кратность\_ПДКмр* с операцией «Максимум».

#### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «Выявлено 5 комбинаций «вещество – пост» с экстремальными превышениями ПДКсс (>3 раз): диоксид азота на посту «Промышленный», формальдегид на посту «Центральный» и др. Эти случаи требуют детального разбора и, возможно, пересмотра режима работы предприятий».

---

### **Блок 8. Подготовка управленческой отчетности**

**Общий методический комментарий:** регулярная отчетность (ежеквартальная, годовая) является обязательной частью работы эколога. Формирование сводок для государственной статистики (форма 2-ТП) и для руководства требует умения быстро и точно агрегировать первичные данные. В этом блоке используется двухэтапная агрегация для корректного подсчета количества дней с неблагоприятной экологической обстановкой в разрезе муниципальных образований.

---

#### **Задание 8.1. Формирование сводки для государственной статистики (форма 2-ТП (воздух))**

**Задача:** на основе данных мониторинга сформировать таблицу: «Количество дней с превышениями ПДКсс по муниципалитетам за каждый год наблюдений».

**Методический подход:** день считается неблагоприятным, если хотя бы на одном посту по данному муниципалитету хотя бы по одному веществу зафиксировано превышение ПДКсс. Необходимо подсчитать количество уникальных дат для каждого муниципалитета, удовлетворяющих этому условию. Для этого используется двухэтапная агрегация:

1. В группирующей сводной таблице для каждой комбинации «Муниципалитет – Дата – Пост – Вещество» определяется факт наличия превышения (признак 0/1).

2. В подсчитывающей сводной таблице по муниципалитетам для каждого года подсчитывается количество уникальных дат, для которых признак равен 1.

**Последовательность действий:**

1. *Подготовка данных.*

Убедитесь, что на листе «Данные\_для\_анализа» присутствует поле *Муниципалитет* (подтянуто из справочника постов).

2. *Группирующая сводная таблица.*

○ Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».

○ Вставка сводной таблицы на лист «8.1».

○ Область «Строки»: *Муниципалитет, Дата (группировка по годам, дням), Пост.*

○ Область «Столбцы»: *Вещество.*

○ Область «Значения»: добавьте вычисляемое поле *Признак\_превышения\_ПДКсс* (1, если в этот день на данном посту по данному веществу было превышение, и 0 в противном случае).

○ Настройка макета: *табличная форма, повторять все подписи элементов, отключить промежуточные и общие итоги.*

○ Рядом с таблицей сформировать новое поле «Признак», заполнить его значением 1, если хотя бы по одному веществу есть превышение (*Признак\_превышения\_ПДКсс=1*), 0 – в противном случае (используйте функцию ЕСЛИ).

3. *Подсчитывающая сводная таблица.*

○ На основе группирующей таблицы и поля «Признак» создайте новую сводную таблицу. Разместите её справа.

○ Область «Фильтры»: *Признак (1).*

○ Область «Строки»: *Муниципалитет, Пост.*

○ Область «Столбцы»: *Год.*

○ Область «Фильтры»: *Признак\_превышения\_ПДКсс* с операцией «Сумма».

○ Для каждого муниципалитета оставить тот пост, где было достигнуто максимальное количество случаев превышения ПДКсс.

4. *Оформление результата.*

Полученная таблица содержит искомое количество дней с превышениями по каждому муниципалитету. При необходимости можно добавить общие итоги по столбцам для отображения общего количества дней превышения ПДКсс за каждый год наблюдений (по всем муниципалитетам).

### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «В 2024 году наибольшее количество дней с превышениями ПДК зафиксировано в г. Калининграде (156 дней), наименьшее – в Зеленоградском районе (23 дня). Это коррелирует с плотностью промышленных объектов и автотранспорта».

• *Экологический смысл:* данные используются для заполнения государственной отчётности и планирования природоохранных мероприятий на муниципальном уровне.

---

### **Блок 9. Санитарно-гигиеническая оценка и риски**

**Общий методический комментарий:** оценка риска здоровью населения является одной из ключевых задач при анализе качества атмосферного воздуха. Коэффициент опасности ( $HQ$ ) и индекс опасности ( $HI$ ) позволяют количественно оценить вероятность неканцерогенных эффектов. Расчёты выполняются на основе референтных концентраций ( $RfC$ ) из справочника ПДК.

**Важное замечание:** коэффициент опасности рассчитывается как отношение средней концентрации вещества к его референтной концентрации:  $HQ = C/RfC$ . Если  $HQ \leq 1$ , риск считается приемлемым; если  $HQ > 1$  – неприемлемым. Для веществ, действующих на одни и те же органы или системы, рассчитывается индекс опасности  $HI = \sum HQ$ .

---

#### **Задание 9.1. Расчёт коэффициента опасности ( $HQ$ ) для хронического воздействия**

**Задача:** оценить неканцерогенный риск для здоровья населения при хроническом ингаляционном воздействии. Рассчитать  $HQ$  для каждого вещества на каждом посту за весь период наблюдений (2020–2025 гг.). Выявить вещества и посты, где  $HQ > 1$  (неприемлемый риск).

**Методический подход:** расчёт выполняется в два этапа через связанные сводные таблицы, аналогично расчёту ИЗА, но с использованием референтных концентраций ( $RfC$ ).

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Первая сводная таблица (подготовительная).**

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «9.1».
- Область «Строки»: Пост, Вещество,  $RfC$  мг м3.
- Область «Значения»: Концентрация мг м3 с операцией «Среднее».
- Настройка макета: табличная форма, повтор подписей, отключение итогов.

##### **2. Вторая сводная таблица (расчёт $HQ$ ).**

- На основе первой сводной таблицы создайте новую сводную таблицу.

- Область «Строки»: *Пост, Вещество*.
- Область «Значения»: *добавьте вычисляемое поле, имя: HQ, формула:*  

$$= (\text{Среднее по Концентрация\_мг\_м3}) / (\text{RfC\_мг\_м3})$$

### 3. Выявление неприемлемого риска.

- Примените фильтр по значению для поля *Вещество* («Больше»).
- Полученная таблица покажет все пары «пост – вещество», где  $HQ > 1$ .

### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «Неприемлемый риск ( $HQ > 1$ ) выявлен для диоксида азота на посту «Промышленный» ( $HQ = 2,3$ ) и для формальдегида на посту «Центральный» ( $HQ = 1,8$ ). Требуется разработка мероприятий по снижению выбросов этих веществ».

• *Экологический смысл:* коэффициент опасности позволяет ранжировать приоритетность загрязнителей с точки зрения влияния на здоровье населения.

## **Задание 9.2. Расчёт индекса опасности (HI) для комбинированного воздействия**

**Задача:** оценить суммарный риск при одновременном поступлении нескольких веществ, влияющих на органы дыхания. Рассчитать индекс опасности *HI* для каждого поста как сумму *HQ* веществ, относящихся к группе «Органы дыхания» (поле *Органы\_мишени* из справочника).

**Методический подход:** на основе результатов задания 9.1 необходимо сгруппировать вещества по органам-мишеням и просуммировать *HQ* для каждого поста по выбранной группе. Для этого потребуется третья сводная таблица.

### **Последовательность действий:**

#### 1. Первая сводная таблица (подготовительная).

- Исходный лист: «*Данные\_для\_анализа*».
- Вставка сводной таблицы на лист «9.1».
- Область «Строки»: *Пост, Органы\_мишени, Вещество, RfC\_мг\_м3*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».
- Настройка макета: *табличная форма, повтор подписей, отключение итогов*.

#### 2. Вторая сводная таблица (расчёт суммарного HQ).

- Область «Строки»: *Пост*.
- Область «Столбцы»: *Органы\_мишени*.
- Область «Значения»: *поле HQ* с операцией «Сумма».

#### 3. Анализ результатов.

Полученная таблица показывает суммарный индекс опасности для каждого поста. Значения  $HI > 1$  указывают на неприемлемый

комбинированный риск (выделить значения, используя условное форматирование).

**Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «Наибольший комбинированный риск для органов дыхания отмечен на посту «Промышленный» ( $HI = 3,5$ ), что обусловлено совместным действием диоксида азота, серы диоксида и взвешенных частиц. Необходима оценка вклада каждого вещества и разработка комплексных мер снижения выбросов».

• *Экологический смысл:* индекс опасности позволяет учесть эффект суммации при одновременном воздействии нескольких загрязнителей и даёт более реалистичную оценку риска.

---

**Блок 10. Источниковедческий анализ (факторный подход)**

**Общий методический комментарий:** выявление вероятных источников загрязнения основывается на анализе маркерных соотношений веществ, характерных для разных типов источников (автотранспорт, теплоэнергетика, промышленность). Кроме того, важной задачей является обнаружение аномальных пиков концентраций, которые могут свидетельствовать о залповых выбросах или нештатных ситуациях.

---

**Задание 10.1. Идентификация доминирующих типов источников по маркерным соотношениям**

**Задача:** для каждого поста наблюдения определить, какой тип источников (автотранспорт, стационарные источники сжигания, промышленность) вносит наибольший вклад в загрязнение воздуха. Использовать характерные соотношения концентраций веществ-маркеров:  $NO_2/SO_2$ ,  $CO/NO_2$ .

**Методический подход:** для различных типов источников характерны определённые диапазоны соотношений:

• Высокое отношение  $NO_2/SO_2$  (обычно  $> 1$ ) указывает на доминирование автотранспорта.

• Низкое  $NO_2/SO_2$  ( $< 0,5$ ) – на стационарные источники сжигания (ТЭЦ, котельные), использующие сернистое топливо.

• Отношение  $CO/NO_2$  позволяет оценить эффективность сгорания (высокое – неполное сгорание, характерное для автотранспорта).

Необходимо рассчитать среднегодовые концентрации  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  на каждом посту и вычислить указанные соотношения. Поскольку эти соотношения могут меняться по годам, анализ выполняется в динамике.

**Последовательность действий:**

1. Сводная таблица для средних концентраций по годам и постам.

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «10.1».
- Область «Строки»: Пост, Год.
- Область «Столбцы»: Вещество (выберите нужные вещества).
- Область «Значения»: Концентрация\_мг\_м3 с операцией «Среднее».
- Настройте макет: табличная форма, повтор подписей, отключение итогов.

## 2. Расчёт соотношений.

○ Создайте новую таблицу на основе первой, где для каждой пары «Пост–год» с помощью вычисляемых полей рассчитайте:

- $NO_2/SO_2 = [ср. NO_2] / [ср. SO_2]$ .
- $CO/NO_2 = [ср. CO] / [ср. NO_2]$ .

## 3. Интерпретация и выводы.

○ Проанализируйте динамику соотношений по годам. Для каждого поста определите преобладающий тип источников на основании матрицы идентификации типов источников (таблица 3) (сформировав новое поле рядом с таблицей используя функцию ЕСЛИ).

Таблица 3 – Матрица идентификации типов источников

	R <sub>1</sub> = NO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> НИЗКИЙ (< 2)	R <sub>1</sub> = NO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> СРЕДНИЙ (2–5)	R <sub>1</sub> = NO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> ВЫСОКИЙ (> 5)
R <sub>2</sub> = CO/NO <sub>x</sub> НИЗКИЙ (< 2)	Промышленность/ТЭЦ (эффективное сжигание, сернистое топливо)	Смешанный тип (промышленность + прогретый автотранспорт)	Прогретый автотранспорт (современные авто с катализаторами)
R <sub>2</sub> = CO/NO <sub>x</sub> СРЕДНИЙ (2–5)	Коммунальный сектор (котельные малой мощности, неполное сгорание)	Универсальный городской фон (множество источников)	Автотранспорт, смешанный парк (часть авто без катализаторов)
R <sub>2</sub> = CO/NO <sub>x</sub> ВЫСОКИЙ (> 5)	Печное отопление / Пожары (крайне неполное сгорание, низкие температуры)	Холодный пуск авто (утренние часы пик)	Неисправные авто / Карбюраторные двигатели (очень богатая смесь)

○ Постройте линейные графики изменения соотношений по годам для наглядности (отдельный график для каждого поста и каждого соотношения).

### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «На посту «Центральный» соотношение NO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> стабильно превышает 2, что указывает на доминирование автотранспорта. На посту «Промышленный» это соотношение снизилось с 1,2 до 0,6 после 2022 года, что может быть связано с вводом новых очистных сооружений на ТЭЦ и снижением выбросов NO<sub>2</sub>».

• *Экологический смысл:* идентификация источников необходима для разработки адресных природоохранных мероприятий (снижение выбросов от транспорта или модернизация котельных).

### **Задание 10.2. Выявление аномальных пиков («залповых выбросов»)**

**Задача:** обнаружить даты и посты, когда одновременно по двум и более веществам фиксировались аномально высокие концентрации (превышающие 3-кратную среднегодовую норму для каждого вещества). Такие события могут свидетельствовать о залповых выбросах или нештатных ситуациях.

**Методический подход:** для каждого вещества рассчитывается среднегодовая концентрация. Затем для каждой записи определяется, превышает ли концентрация порог  $3 * \text{среднегодовая}$ . Событие считается аномальным, если для данной даты и поста хотя бы два вещества превысили этот порог. Для выявления таких дат используется двухэтапная агрегация.

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Расчёт среднегодовых концентраций для каждого вещества.**

○ Создайте отдельную сводную таблицу (на листе «10.2»), в которой для каждого вещества и года рассчитана средняя концентрация.

○ Область «Строки»: *Вещество, Год*.

○ Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3 – среднее*.

○ Настройка макета: *табличная форма, повтор подписей, отключение итогов*.

○ Слева от таблицы создать столбец *ID*, где с использованием функции *СЦЕПИТЬ* сформировать идентификатор, включающий в себя год и вещество, соединенные нижним подчеркиванием «*Год\_Вещество*».

##### **2. Подготовка данных с пороговыми признаками.**

○ Добавьте вторую сводную таблицу, построенную на основе исходных данных:

○ Область «Строки»: *Годы, Дата (дни), Пост, Вещество*.

○ Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3 – среднее* (операция здесь особого значения не играет, т.к. она применяется над одним значением).

○ Настройка макета: *табличная форма, повтор подписей, отключение итогов*.

○ Слева от этой таблицы создать столбец *ID* (по аналогии с первой таблицей), где с использованием функции *СЦЕПИТЬ* сформировать идентификатор, включающий в себя год и вещество, соединенные нижним подчеркиванием «*Год\_Вещество*».

○ Справа от этой таблицы создать поле *Порог превышения*, используя для расчета следующую формулу:

$$=ЕСЛИ(Концентрация\_мг\_м3 > 3 * Среднегод\_вещ; 1; 0),$$

где *Среднегод\_вещ* – среднегодовая концентрация вещества из первой таблицы (значение получить с использованием функций *ИНДЕКС* и *ПОИСКПОЗ*).

3. *Результирующая сводная таблица для идентификации аномальных дней.*

- Исходный лист: *вторая сводная таблица с полем Порог превышения.*
- Вставка сводной таблицы на лист «10.2».
- Область «Фильтры»: *Порог превышения (признак 1).*
- Область «Строки»: *Пост, Годы, Дата (дни), Вещество.*
- Область «Значения»: *Вещество с операцией Количество.*
- Для поля *Дата (дни)* задать фильтр по значению (чтобы оставить только те дни, где 2 и более веществ имели 3х-кратное превышение среднегодовой концентрации).
- Полученная таблица содержит даты и посты с аномальными событиями.

#### ***Интерпретация результатов:***

• *Пример вывода:* «Выявлено 5 дат с аномальными пиками одновременно по двум и более веществам. Наиболее часто такие события фиксировались на посту «Промышленный» в зимние месяцы, что может указывать на нестабильную работу котельных. Рекомендуется внеплановый анализ режимов работы предприятий в эти даты».

• *Экологический смысл:* раннее обнаружение залповых выбросов позволяет оперативно реагировать и предотвращать повторение аварийных ситуаций.

---

### ***Блок 11. Методология построения оценочных шкал***

***Общий методический комментарий:*** для территорий, где федеральные нормативы (ПДК) могут быть недостаточно дифференцированы или отсутствовать, разрабатываются региональные оценочные шкалы. Они позволяют ранжировать участки по степени экологического неблагополучия на основе статистического распределения наблюдаемых показателей. Один из распространённых методов – построение шкалы с использованием сигмальных отклонений (*среднее  $\pm \sigma$* ).

---

#### ***Задание 11.1. Построение пятиуровневой шкалы загрязнения (метод сигмальных отклонений)***

***Задача:*** для диоксида азота (NO<sub>2</sub>) разработать региональную оценочную шкалу, позволяющую классифицировать посты наблюдения по пяти уровням: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий. Использовать метод

сигмальных отклонений на основе многолетних средних концентраций по всем постам.

**Методический подход:** рассчитываются среднее арифметическое ( $X_{ср}$ ) и стандартное отклонение ( $\sigma$ ) по совокупности средних концентраций на постах за весь период (или за последние 5 лет). Границы уровней определяются как:

- *Низкий:*  $< X_{ср} - \sigma$
- *Ниже среднего:*  $X_{ср} - \sigma \div X_{ср} - 0,5\sigma$
- *Средний:*  $X_{ср} - 0,5\sigma \div X_{ср} + 0,5\sigma$
- *Выше среднего:*  $X_{ср} + 0,5\sigma \div X_{ср} + \sigma$
- *Высокий:*  $> X_{ср} + \sigma$

**Последовательность действий:**

1. *Расчёт средних концентраций по постам.*

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «11.1».
- Область «Фильтры»: *Вещество* («Азота диоксид»).
- Область «Строки»: *Пост*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».

2. *Вычисление статистик.*

- Вне сводной таблицы рассчитайте:
  - $X_{ср} = СРЗНАЧ(\text{диапазон средних концентраций})$
  - $\sigma = СТАНДОТКЛОН.В(\text{диапазон средних концентраций})$

3. *Определение границ уровней.*

- Запишите границы в отдельные ячейки:
  - Нижняя граница низкого:  $-\infty$  (условно, можно 0)
  - Верхняя граница низкого:  $X_{ср} - \sigma$
  - Ниже среднего: *от*  $X_{ср} - \sigma$  *до*  $X_{ср} - 0,5\sigma$
  - Средний: *от*  $X_{ср} - 0,5\sigma$  *до*  $X_{ср} + 0,5\sigma$
  - Выше среднего: *от*  $X_{ср} + 0,5\sigma$  *до*  $X_{ср} + \sigma$
  - Высокий: *от*  $X_{ср} + \sigma$  *до*  $+\infty$

4. *Присвоение уровней каждому посту.*

○ Рядом со сводной таблицей добавьте столбец «Уровень» с формулой, использующей вложенные ЕСЛИ для отнесения среднего значения к интервалу.

5. *Итоговая таблица распределения.*

○ Постройте сводную таблицу, где в строках – уровни, в значениях – количество постов.

**Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «Разработанная шкала позволила отнести 3 поста к высокому уровню загрязнения NO<sub>2</sub> (в центре и промзоне), 5 – к выше среднего, 8 – к среднему, 2 – к ниже среднего и 1 – к низкому. Шкала может использоваться для приоритезации природоохранных мероприятий».

• *Экологический смысл:* региональные шкалы более чувствительны к местным особенностям, чем федеральные ПДК, и позволяют выявлять зоны относительного неблагополучия даже при соблюдении нормативов.

---

### ***Задание 11.2. Классификация постов по интегральному показателю (на основе ИЗА)***

**Задача:** используя значения ИЗА, рассчитанные в задании 4.1 для каждого года, построить динамическую классификацию постов по пятиуровневой шкале (метод сигмальных отклонений) для каждого года отдельно. Оценить, как меняется категория каждого поста во времени.

**Методический подход:** аналогично заданию 11.1, но теперь объектом классификации выступает не концентрация одного вещества, а интегральный индекс ИЗА. Для каждого года рассчитываются  $\bar{X}$  и  $\sigma$  по значениям ИЗА всех постов, затем определяются границы и присваиваются категории. Выполняется для нескольких лет, что позволяет увидеть динамику относительного положения постов.

#### ***Последовательность действий:***

1. *Получение значений ИЗА по годам и постам.*

◦ Аналогично заданию 4.1 повторите расчёт ИЗА для каждого года. Удобно создать сводную таблицу, где в строках – *Пост*, в столбцах – *Год*, в значениях – *ИЗА*.

2. *Для каждого года выполнить классификацию.*

◦ На листе «11.2» создайте структуру, аналогичную заданию 11.1, но с разбивкой по годам. Можно организовать так: для каждого года отдельно рассчитываются статистики и границы уровней.

3. *Таблица для анализа динамики.*

◦ Создайте итоговую таблицу, где в строках – *Пост*, в столбцах – *Год*, а в ячейках будет присвоенная категория (текст). Для формирования категории используйте формулы с вложенными функциями *ЕСЛИ* для присвоения категории постам в каждом году.

#### ***Интерпретация результатов:***

• **Пример вывода:** «Пост «Центральный» стабильно относится к категории «высокий» по ИЗА во все годы. Пост «Северный» в 2022 году перешёл из категории «средний» в «выше среднего», что требует выяснения причин (ввод нового производства, изменение схемы движения)».

• *Экологический смысл:* мониторинг динамики категорий позволяет отслеживать эффективность природоохранных мер и своевременно реагировать на ухудшение ситуации.

---

## **Блок 12. Прогнозное моделирование и интегральная аттестация**

**Общий методический комментарий:** прогнозирование качества воздуха и комплексная оценка территории являются завершающими этапами анализа. Они позволяют не только констатировать текущее состояние, но и предвидеть изменения, а также синтезировать разнородные показатели в единый интегральный индекс для поддержки управленческих решений.

---

### **Задание 12.1. Прогноз концентраций методом линейной регрессии (на примере формальдегида)**

**Задача:** на основе многолетних данных (2020–2025 гг.) спрогнозировать среднегодовую концентрацию диоксида азота на посту «Гурьевск» на 2026 год. Оценить доверительный интервал прогноза.

**Методический подход:** используется линейная регрессия (тренд). Для построения модели можно использовать функцию *ЛИНЕЙН* или, проще, добавить линию тренда на график и использовать уравнение. Для прогноза – функцию *ПРЕДСКАЗ* или *ТЕНДЕНЦИЯ*. Доверительный интервал оценивается по стандартной ошибке регрессии.

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Сводная таблица для среднегодовых концентраций.**

- Исходный лист: «Данные\_для\_анализа».
- Вставка сводной таблицы на лист «12.1».
- Область «Фильтры»: *Вещество (Азота диоксид), Пост (Гурьевск)*.
- Область «Строки»: *Год*.
- Область «Значения»: *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее».

##### **2. Построение линейного тренда и прогноз.**

- Используйте функцию *ПРЕДСКАЗ* для прогноза на 2026 год:  
 $=\text{ПРЕДСКАЗ}(2026; \text{известные\_значения\_y}; \text{известные\_значения\_x})$
- Для оценки точности можно рассчитать стандартную ошибку регрессии с помощью *СТОШУХ*.

##### **3. Визуализация.**

- Постройте точечную диаграмму с добавлением линии тренда и отображением уравнения и  $R^2$ .

##### **4. Формулировка вывода.**

- Запишите прогнозное значение и его возможный диапазон (например, *прогноз  $\pm 2$  \* стандартная ошибка*).

#### **Интерпретация результатов:**

• **Пример вывода:** «Прогноз среднегодовой концентрации диоксида азота на посту «Гурьевск» на 2026 год составляет 0,0045 мг/м<sup>3</sup> при доверительном интервале 0,0038–0,0052 мг/м<sup>3</sup> ( $p=0,95$ ). Тренд указывает на продолжение роста, что требует усиления контроля за выбросами».

• *Экологический смысл:* прогноз позволяет заблаговременно планировать природоохранные мероприятия и оценивать риски для здоровья населения.

---

**Задание 12.2. Комплексная оценка качества воздуха (интегральный индекс территории)**

**Задача:** разработать интегральный индекс для ранжирования муниципальных образований по степени экологического неблагополучия за 2024 год. Индекс должен объединять следующие показатели, рассчитанные на уровне муниципалитетов:

- средний ИЗА по всем постам, расположенным в данном муниципалитете;
- доля дней с превышениями ПДКсс (отношение количества дней с превышениями к общему числу дней наблюдений в муниципалитете);
- максимальная кратность превышения ПДКмр, зафиксированная на любом посту муниципалитета;
- среднее значение коэффициента опасности  $HQ$  по всем измерениям в муниципалитете ( $Cp\_HQ$ ).

**Методический подход:** все показатели нормируются (приводятся к шкале 0–1), затем вычисляется взвешенная сумма. Веса могут быть заданы экспертно (например, равные 0,25) или обоснованы иным способом. Нормировка выполняется по формуле:  $(x - x\_min) / (x\_max - x\_min)$ , где  $x\_min$  и  $x\_max$  – минимальное и максимальное значение показателя среди всех муниципалитетов. Для получения показателей на уровне муниципалитетов используются результаты предыдущих заданий, но с дополнительной группировкой по полю *Муниципалитет*. Если какой-либо показатель имеет нулевую вариацию ( $x\_min = x\_max$ ), он исключается из индекса, а веса перераспределяются между оставшимися показателями.

**Последовательность действий:**

1. Подготовка данных для расчёта показателей по муниципалитетам.

**Показатель 1: средний ИЗА по муниципалитету**

○ Вернитесь к заданию 4.1, где для каждого поста рассчитан ИЗА за 2024 год. Продублируйте (через ссылки на ячейки) таблицу с результатами (*Пост*,  $\Sigma\_ИЗА$ ) на лист «12.2».

○ Добавьте к этой таблице поле *Муниципалитет*, используя функции ИНДЕКС и ПОИСКПОЗ по справочнику постов.

○ Постройте сводную таблицу, в которой:

▪ Строки: *Муниципалитет*.

▪ Значения:  $\Sigma\_ИЗА$  с операцией «Среднее».

○ Полученное значение – средний ИЗА по муниципалитету. Обозначьте его как  $Cp\_ИЗА$ .

### *Показатель 2: доля дней с превышениями ПДКсс*

○ Используйте результаты задания 8.1, где для каждого муниципалитета рассчитано количество дней с превышениями за 2024 год (если постов несколько, выбирается пост с наибольшим количеством превышений). Если этот показатель не был рассчитан, повторите расчёт по методологии двухэтапной агрегации (задание 2.3), сгруппировав данные по муниципалитетам.

○ Рассчитайте общее количество дней наблюдений в каждом муниципалитете за 2024 год (аналогично заданию 2.1, но с группировкой по муниципалитетам).

○ Вычислите долю:

*Доля\_превыши = Дней\_с\_превыши\_2024 / Общее\_число\_дней\_наблюдений.*

### *Показатель 3: максимальная кратность превышения ПДКмр*

○ Используйте результаты задания 5.2, где была найдена абсолютная максимальная кратность превышения ПДКмр. Однако для интегрального индекса нужна максимальная кратность в разрезе муниципалитетов.

○ Создайте сводную таблицу на основе листа «Данные\_для\_анализа»:

▪ Фильтры: Год (2024).

▪ Строки: Муниципалитет, Пост, Дата, Вещество.

▪ Значения: добавьте вычисляемое поле *Кратность\_ПДКмр* (как в задании 5.2).

▪ Настройте макет (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов).

○ На основе этой таблицы создайте итоговую сводную таблицу, где в строках – *Муниципалитет*, в значениях – максимум от *Кратность\_ПДКмр*. Получите искомый показатель *Макс\_кратность\_ПДКмр*.

### *Показатель 4: средний НQ по муниципалитету*

○ Используйте результаты задания 9.1: исходную таблицу, где для каждой пары «пост – вещество» выведены *RfC\_мг\_м3* и *Концентрация\_мг\_м3* с операцией «Среднее». На основе этой таблицы постройте новую сводную таблицу на листе «12.2», рассчитав *НQ (СрКонц\_мг\_м3/RfC\_мг\_м3)* для каждой пары «Пост–Вещество».

○ На основе предыдущей таблицы постройте новую сводную, где отобразите для каждого поста среднюю величину *НQ*.

○ Добавьте к этой таблице поле *Муниципалитет* (через *ВПР* или функции *ИНДЕКС* и *ПОИСКПОЗ* по справочнику постов).

○ Постройте сводную таблицу, в которой:

▪ Область «Строки»: *Муниципалитет*.

▪ Область «Значения»: *НQ* с операцией «Среднее».

2. Сбор всех показателей в единую таблицу.

○ Создайте на листе «12.2» итоговую таблицу со столбцами:

- *Муниципалитет*
- *Ср\_ИЗА*
- *Доля\_превыш*
- *Макс\_кратность\_ПДКмр*
- *Ср\_НQ*

○ Заполните её, используя результаты предыдущих шагов (можно через функции *ПРОСМОТР* или через ссылки на ячейки).

### 3. Анализ вариации показателей.

○ Для каждого из четырёх показателей определите минимум и максимум. Если для какого-то показателя мин = макс (нулевая вариация), исключите его из дальнейшего расчёта и скорректируйте количество показателей (n).

### 4. Нормировка показателей.

○ Для каждого показателя, имеющего ненулевую вариацию, рассчитайте нормированное значение (*Норм\_ИЗА*, *Норм\_доля\_превыш*, *Норм\_макс\_кратность*, *Ср\_НQ*) по формуле:

$$(\text{значение} - \text{минимум}) / (\text{максимум} - \text{минимум})$$

○ Если показатель исключён, нормированное значение для него не рассчитывается.

### 5. Расчёт интегрального индекса.

○ Задайте весовые коэффициенты. Если все показатели используются, веса можно принять равными ( $1/n$ ). Если какой-то показатель исключён, веса перераспределяются между оставшимися (например, если осталось 3 показателя, вес каждого =  $1/3 \approx 0,333$ ).

○ Вычислите интегральный индекс как сумму произведений нормированных значений на веса:

$$\text{Индекс} = 0,25 * \text{Норм\_ИЗА} + 0,25 * \text{Норм\_доля\_превыш} + \\ 0,25 * \text{Норм\_макс\_кратность} + 0,25 * \text{Ср\_НQ}$$

○ Отсортируйте муниципалитеты по убыванию индекса.

### 6. Визуализация.

○ Отсортируйте муниципалитеты по убыванию индекса.

○ Постройте столбчатую диаграмму, отображающую значения интегрального индекса для каждого муниципалитета.

### **Интерпретация результатов:**

• *Пример вывода:* «В 2024 году наибольший интегральный индекс экологического неблагополучия отмечен в муниципалитете «Калининград» (0,85), что обусловлено высокими значениями всех показателей: средний ИЗА = 6,4, доля дней с превышениями = 0,36, максимальная кратность ПДКмр = 0,69, средний НQ = 2,1. Наименьший индекс зафиксирован в «Зеленоградском

районе» (0,28). Полученный рейтинг может служить основой для распределения средств экологического фонда и планирования проверок».

• *Экологический смысл*: интегральный индекс позволяет комплексно оценить ситуацию в разных муниципалитетах, учесть как хроническое загрязнение (ИЗА, HQ), так и острые ситуации (максимальные превышения, частота нарушений), и принять обоснованные управленческие решения.

### **Результат работы:**

По итогам выполнения всех заданий темы 1 «Многомерный анализ данных мониторинга атмосферного воздуха средствами MS Excel» студент предоставляет файл MS Excel, содержащий следующие обязательные элементы:

#### *1. Лист «Данные\_для\_анализа»:*

• Исходная таблица с подтянутыми из справочников полями (*ПДКсс, ПДКмр, RfC, Ci\_ИЗА, органы-мишени, характеристики постов, координаты, муниципалитет*).

• Отсутствуют заранее созданные служебные поля (*Год, Квартал, Сезон*) – все временные группировки выполняются средствами сводных таблиц.

• Отсутствуют предвычисленные показатели (кратность превышения, признаки) – все они создаются как вычисляемые поля внутри сводных таблиц.

#### *2. Листы с заданиями 2.1 – 12.2.*

#### *3. Лист «Выводы» (или текстовые выводы на каждом листе):*

• 10–15 развёрнутых выводов по результатам анализа с обязательным использованием числовых значений и профессиональной интерпретацией. Пример: «В 2024 году на посту «Промышленный» превышения ПДК по диоксиду азота фиксировались в течение 45 дней (рост на 15% к 2023 г.), что коррелирует с увеличением объёмов производства. Данный пост относится к категории «высокий» по ИЗА (8,2) и требует первоочередных природоохранных мероприятий».

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему прямой подсчёт количества строк в исходной таблице даёт некорректный результат при определении числа дней наблюдений? Какую методологию следует применять для точного подсчёта уникальных событий?

2. Опишите пошаговый алгоритм настройки макета группирующей сводной таблицы. Какие последствия возникают, если пропустить хотя бы один из шагов (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов)?

3. В каких профессиональных задачах эколога требуется подсчёт уникальных значений (уникальных дат, веществ, постов)? Приведите три примера из выполненных заданий.

4. В чём отличие вычисляемого поля в сводной таблице от обычного столбца с формулой в исходных данных? Для каких задач удобнее использовать вычисляемые поля, а когда без добавления столбца в исходные данные не обойтись?

5. Как с помощью группировки поля с датами можно получить отчёт по годам, кварталам или месяцам? Продемонстрируйте последовательность действий на примере.

6. Каким образом, используя только сводные таблицы, можно отобрать три вещества с наибольшей средней кратностью превышения ПДК для каждого поста (задача ТОП-3)? Опишите алгоритм.

7. Почему при расчёте индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) необходимо выполнять двухэтапную процедуру (сначала получать средние концентрации, затем на их основе рассчитывать приведённый показатель)? Что произойдёт, если попытаться рассчитать ИЗА в одной сводной таблице напрямую?

8. Как рассчитать коэффициент опасности HQ и интерпретировать его значение? При каких значениях HQ риск считается неприемлемым?

9. Какие маркерные соотношения веществ используются для идентификации типов источников загрязнения? Что означают высокие и низкие значения  $\text{NO}_2/\text{SO}_2$ ?

10. Как с помощью двухэтапной агрегации можно выявить даты с аномальными пиками концентраций (залповыми выбросами)? Опишите логику использования пороговых значений и подсчёта числа веществ, превысивших порог.

11. В чём суть метода сигмальных отклонений для построения региональных оценочных шкал? Как определяются границы пяти уровней (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий)?

12. Каким образом можно спрогнозировать концентрацию загрязняющего вещества на следующий год, используя данные многолетних наблюдений? Какие функции Excel для этого применяются и как оценить точность прогноза?

13. Для чего используется интегральный индекс территории и как он строится? Какие показатели могут входить в его состав и как выполняется нормировка?

14. Какие элементы обязательно должен содержать интерактивный дашборд эколога-аналитика? Как обеспечить одновременную фильтрацию всех элементов дашборда с помощью срезов?

15. В чём заключается принципиальное различие между показателями «доля проб с превышением ПДК» и «количество дней с превышениями»? Какой из них и в каких ситуациях более информативен для принятия управленческих решений?

## **Тема 2. Организация хранения и анализа экологической информации средствами СУБД (MS Access)**

**Цель:** спроектировать и создать реляционную базу данных для систематизации данных мониторинга из Практической работы 1, настроить запросы для формирования регламентной отчётности и аналитических выборок, сопоставив возможности Excel и Access при решении однотипных задач.

### **Задачи:**

1. Выполнить проектирование базы данных «*Экомониторинг*» на основе структуры данных, использованных в теме 1.

2. Реализовать таблицы в MS Access, задать типы данных, первичные ключи, организовать связи между таблицами с помощью «*Мастера подстановок*» и схемы данных.

3. Освоить приёмы переноса данных из плоских таблиц Excel в нормализованную структуру реляционной базы данных.

4. Научиться создавать запросы различных типов (на выборку, параметрические, итоговые, перекрёстные, с вычисляемыми полями) для решения аналитических задач, аналогичных рассмотренным в теме 1.

5. Познакомиться с созданием форм для ввода данных и отчётов для вывода результатов, а также с экспортом данных в Excel для углублённой визуализации.

### **Необходимое программное обеспечение и материалы:**

- СУБД Microsoft Access (2016 или новее).
- Файл MS Excel «*Данные\_для\_анализа.xlsx*», в котором содержатся:
- Лист «*Сырые\_данные*».
- Лист «*Справочник\_ПДК*».
- Лист «*Справочник\_постов*».
- Методические указания по проектированию БД (в тексте пособия).

### **Ход практической работы:**

**Общий методический комментарий к теме 2:** в теме 1 мы работали с данными, объединёнными в единую «плоскую» таблицу с помощью функций *ВПР*, *ИНДЕКС*, *ПОИСКПОЗ* и ряда других. Такой подход удобен для быстрого анализа, но при долговременном хранении и многопользовательской работе он порождает избыточность, риск противоречий и затрудняет поддержку целостности. Реляционные базы данных (СУБД), такие как MS Access, решают эти проблемы путём разделения информации на логические блоки (таблицы-справочники и таблицы фактов) и установления связей между ними. Это позволяет хранить каждый факт в единственном экземпляре, гарантировать согласованность данных и гибко формировать любые отчёты с помощью запросов.

В данной работе предлагается заново спроектировать структуру хранения данных мониторинга, создать таблицы, заполнить их (перенеся информацию из Excel) и затем выполнить серию аналитических запросов, которые по своей сути будут аналогами заданий, уже решённых средствами сводных таблиц. Это даст возможность сравнить два подхода и понять, когда какой инструмент предпочтительнее.

---

## ***Блок 1. Проектирование и создание структуры базы данных «Экомониторинг»***

***Методический комментарий к блоку 1:*** в теме 1 мы использовали плоскую таблицу, объединяющую все данные с помощью функций *ВПР*, *ИНДЕКС*, *ПОИСКПОЗ* и др. Такой подход удобен для разового анализа, но при долговременном хранении и многопользовательской работе он приводит к избыточности, аномалиям обновления и риску потери целостности. Например, название муниципалитета может быть написано по-разному для разных постов, что затруднит группировку. Реляционные базы данных устраняют эти проблемы путём нормализации – разделения информации на логические блоки (таблицы) с установлением связей между ними.

В этом блоке мы спроектируем структуру базы данных, которая будет соответствовать третьей нормальной форме (3НФ). Это означает, что:

- каждая таблица описывает одну сущность;
- все неключевые атрибуты зависят только от первичного ключа;
- устранены транзитивные зависимости (например, муниципалитет не хранится в таблице постов в виде текста, а вынесен в отдельный справочник);
- связи «многие-ко-многим» реализованы через промежуточные таблицы.

В результате мы получим гибкую, масштабируемую структуру, готовую к анализу с помощью запросов.

---

### ***Задание 1.1. Выделение сущностей и их атрибутов (аналитическая работа)***

***Задача:*** на основе листов Excel-файла (*Сырые\_данные*, *Справочник\_ПДК*, *Справочник\_постов*) определить все информационные объекты (сущности), которые должны храниться в базе данных, и описать их атрибуты. При этом необходимо избежать дублирования и обеспечить атомарность значений.

***Методический подход:*** проанализируем, какие независимые понятия присутствуют в предметной области «Экологический мониторинг».

1. *Посты наблюдения* – имеют уникальное название, адрес, координаты и другие характеристики.

2. *Муниципальные образования* – на территории которых расположены посты. Один муниципалитет может включать несколько постов.

3. *Типы местности* – классификация постов (городской, фоновый, промышленный). Значения повторяются, поэтому их тоже целесообразно вынести в справочник.

4. *Загрязняющие вещества* – имеют название, класс опасности, нормативы (ПДК и др.).

5. *Классы опасности* – самостоятельная характеристика вещества (1–4). Может содержать дополнительное описание.

6. *Органы-мишени* – системы организма, на которые влияют вещества. Одно вещество может воздействовать на несколько органов, и наоборот → связь «многие-ко-многим».

7. *Результаты измерений* – главная таблица фактов, фиксирующая концентрацию вещества в определённый день на конкретном посту.

На основе этого выделим следующие сущности и их атрибуты (поля). *Первичные ключи* (уникальные идентификаторы) будем создавать как счётчики (тип «Счетчик» в Access), *внешние ключи* – как числовые поля, ссылающиеся на первичные ключи связанных таблиц.

*Таблица 1 – Муниципалитеты*

- Код\_Муниципалитета (счетчик, ключ).
- Название\_муниципалитета (короткий текст, уникальное, обязательное поле, запрет пустых строк).

*Таблица 2 – Типы\_местности*

- Код\_Типа (счетчик, ключ).
- Название\_типа (короткий текст, уникальное, обязательное поле, запрет пустых строк).

*Таблица 3 – Посты*

- Код\_Поста (счетчик, ключ).
- Название\_поста (короткий текст, уникальное, обязательное поле, запрет пустых строк).
- Адрес (короткий текст).
- Тип\_местности (числовой, внешний ключ к таблице *Типы\_местности*).
- Высота\_м (числовой, одинарное с плавающей точкой, запрет отрицательных значений).
- Координата\_X (числовой, одинарное с плавающей точкой).
- Координата\_Y (числовой, одинарное с плавающей точкой).
- Муниципалитет (числовой, внешний ключ к таблице *Муниципалитеты*).

*Таблица 4 – Классы\_опасности*

- Код\_Класса (счетчик, ключ).
- Номер\_класса (числовой, целое, уникальное, обязательное поле).
- Описание\_класса (короткий текст) – например, «чрезвычайно опасные», «высокоопасные» и т.п. (по желанию).

### *Таблица 5 – Вещества*

- Код\_Вещества (счетчик, ключ).
- Название\_вещества (короткий текст, уникальное, обязательное поле, запрет пустых строк).
- Класс\_опасности (числовой, внешний ключ к таблице *Классы\_опасности*).
- ПДКсс\_мг\_м3 (числовой, одинарное с плавающей точкой).
- ПДКмр\_мг\_м3 (числовой, одинарное с плавающей точкой).
- RfC\_мг\_м3 (числовой, одинарное с плавающей точкой).
- Сi\_ИЗА (числовой, одинарное с плавающей точкой) .
- *Примечание:* поле *Органы\_мишени* в этой таблице отсутствует – оно будет реализовано через отдельную связь.

### *Таблица 6 – Органы\_мишени*

- Код\_Органа (счетчик, ключ).
- Название\_органа (короткий текст, уникальное, обязательное поле, запрет пустых строк) – например, «органы дыхания», «центральная нервная система», «сердечно-сосудистая система» и т.д.

*Таблица 7 – Связь\_Вещества\_Органы* (промежуточная таблица для реализации связи «многие-ко-многим» между веществами и органами-мишенями)

- Вещество (числовой, внешний ключ к таблице *Вещества*).
- Орган (числовой, внешний ключ к таблице *Органы\_мишени*).
- *Первичный ключ* – составной из двух полей (чтобы исключить дублирование пар).

### *Таблица 8 – Измерения (таблица фактов)*

- Код\_Измерения (счетчик, ключ).
- Пост (числовой, внешний ключ к таблице *Посты*).
- Вещество (числовой, внешний ключ к таблице *Вещества*).
- Дата\_замера (дата/время) (обязательное)
- Концентрация\_мг\_м3 (числовой, одинарное с плавающей точкой, обязательное).

*Последовательность действий (выполняется письменно в тетради или текстовом редакторе):*

1. Выпишите все поля, присутствующие в трёх листах Excel-файла.
2. Распределите их по восьми таблицам согласно приведённой выше структуре. Обратите внимание: поля, которые в Excel выглядят как текст (например, «Муниципалитет», «Тип\_местности», «Органы\_мишени»), должны быть заменены на ссылки на соответствующие справочники.
3. Для каждой таблицы укажите первичный ключ и внешние ключи.

4. Продумайте, как будут связаны таблицы (типы связей). Результаты оформите в виде схемы (можно вручную).

---

### **Задание 1.2. Определение связей между таблицами**

**Задача:** установить логические связи между выделенными сущностями, указав тип связи (1:М или М:М).

**Методический подход:** на основе атрибутов и предметной области определим:

- *Муниципалитеты (1) — (М) Посты* – один муниципалитет может включать много постов, каждый пост относится к одному муниципалитету.

- *Типы\_местности (1) — (М) Посты* – один тип местности может быть у многих постов, каждый пост имеет один тип.

- *Классы\_опасности (1) — (М) Вещества* – один класс опасности присвоен многим веществам, каждое вещество имеет один класс.

- *Вещества (М) — (М) Органы\_мишени* – одно вещество может воздействовать на несколько органов, и один орган может быть мишенью для нескольких веществ. Эта связь реализуется через промежуточную таблицу *Связь\_Вещества\_Органы*, которая находится в отношении 1:М с каждой из основных таблиц.

- *Посты (1) — (М) Измерения* – на одном посту проводится множество измерений.

- *Вещества (1) — (М) Измерения* – одно вещество многократно измеряется.

Все связи, кроме М:М, являются связями «один-ко-многим» и будут реализованы путём добавления внешнего ключа в таблицу на стороне «многие».

---

### **Задание 1.3. Создание таблиц в MS Access**

**Задача:** в среде MS Access создать все перечисленные таблицы, задать правильные типы данных, первичные ключи и подготовить поля для последующего связывания.

#### **Последовательность действий:**

1. Запустите MS Access, создайте новую базу данных с именем *Экомониторинг.accdb* (сохраните в своей рабочей папке).

2. Последовательно создайте таблицы с помощью конструктора (вкладка «Создание» → «Конструктор таблиц»). Для каждой таблицы:

- *Муниципалитеты:* поля *Код\_Муниципалитета* (Счетчик, ключ), *Название\_муниципалитета* (Короткий текст). Сохраните как *Муниципалитеты*.

○ *Типы\_местности*: поля *Код\_Типа* (Счетчик, ключ), *Название\_типа* (Короткий текст). Сохраните как *Типы\_местности*.

○ *Классы\_опасности*: поля *Код\_Класса* (Счетчик, ключ), *Номер\_класса* (Числовой), *Описание\_класса* (Короткий текст, необязательно). Сохраните как *Классы\_опасности*.

○ *Органы\_мишени*: поля *Код\_Органа* (Счетчик, ключ), *Название\_органа* (Короткий текст). Сохраните как *Органы\_мишени*.

○ *Посты*: поля *Код\_Поста* (Счетчик, ключ), *Название\_поста* (Короткий текст), *Адрес* (Короткий текст), *Высота\_м* (Числовой), *Координата\_X* (Числовой), *Координата\_Y* (Числовой). Поля *Тип\_местности* и *Муниципалитет* пока создайте как обычные числовые (тип «Числовой»). Мы преобразуем их в поля подстановки позже. Сохраните как *Посты*.

○ *Вещества*: поля *Код\_Вещества* (Счетчик, ключ), *Название\_вещества* (Короткий текст), *ПДКсс\_мг\_м3* (Числовой), *ПДКмр\_мг\_м3* (Числовой), *RfC\_мг\_м3* (Числовой), *Сi\_ИЗА* (Числовой). Поле *Класс\_опасности* – числовое. Сохраните как *Вещества*.

○ *Связь\_Вещества\_Органы*: поля *Вещество* (Числовой), *Орган* (Числовой). Выделите оба поля (кликая по серым кнопкам слева от имён с нажатой клавишей Ctrl) и нажмите «Ключевое поле» – будет создан составной первичный ключ. Сохраните как *Связь\_Вещества\_Органы*.

○ *Измерения*: поля *Код\_Измерения* (Счетчик, ключ), *Дата\_замера* (Дата/время), *Концентрация\_мг\_м3* (Числовой). Поля *Пост* и *Вещество* – числовые. Сохраните как *Измерения*.

На данном этапе все таблицы созданы, но связи ещё не установлены.

---

#### ***Задание 1.4. Организация связей с помощью «Мастера подстановок» и схемы данных***

***Задача:*** преобразовать числовые поля-ссылки в поля подстановки, чтобы обеспечить удобство ввода и целостность данных на уровне интерфейса, а затем создать связи в схеме данных.

***Методический комментарий:*** мастер подстановок позволяет создать поле, которое хранит числовой идентификатор, но отображает пользователю текстовое значение из связанной таблицы. При этом автоматически формируется связь между таблицами и может быть включено обеспечение целостности.

##### ***Последовательность действий:***

1. *Преобразование поля Тип\_местности в таблице Посты:*

○ Откройте таблицу *Посты* в режиме конструктора.

○ Выберите поле *Тип\_местности*. В столбце «Тип данных» выберите «Мастер подстановок...».

○ В диалоговом окне выберите «Объект «столбец подстановки» будет использовать значения из таблицы или запроса» → Далее.

○ Выберите таблицу *Типы\_местности* → Далее.

○ Перенесите в «Выбранные поля» сначала *Код\_Типа*, затем *Название\_типа* (именно в таком порядке) → Далее.

○ Настройте ширину столбцов (можно оставить по умолчанию) → Далее.

○ Включите *проверку целостности данных*.

○ Оставьте имя поля *Тип\_местности* и нажмите Готово. При сохранении таблицы Access предложит создать связь – согласитесь.

2. Аналогично для поля *Муниципалитет* в таблице *Посты*: вызовите мастер подстановок, выберите таблицу *Муниципалитеты*, перенесите поля *Код\_Муниципалитета* и *Название\_муниципалитета*. Сохраните.

3. В таблице *Вещества* преобразуйте поле *Класс\_опасности*: мастер подстановок, таблица *Классы\_опасности*, поля *Код\_Класса* и *Номер\_класса* (или *Описание\_класса* – по желанию). Сохраните.

4. В таблице *Измерения* преобразуйте поля *Пост* и *Вещество*:

○ Для *Пост*: мастер подстановок → таблица *Посты* → поля *Код\_Поста*, *Название\_поста*.

○ Для *Вещество*: мастер подстановок → таблица *Вещества* → поля *Код\_Вещества*, *Название\_вещества*.

5. Создание связей для таблицы *Связь\_Вещества\_Органы*:

○ Аналогичным образом для полей *Вещество* и *Орган* сделать подстановку и связь с соответствующими таблицами.

6. Проверьте итоговую схему данных. Убедитесь, что все линии связей отображаются корректно, и для каждой связи указан тип «один-ко-многим». При необходимости дважды щёлкните по линии и проверьте настройки обеспечения целостности.

---

### ***Задание 1.5. Загрузка данных из Excel в нормализованную структуру***

***Задача:*** перенести данные из исходного Excel-файла в созданные таблицы Access, подготавливая информацию в Excel с помощью сводных таблиц. При вставке использовать возможность Access автоматически преобразовывать текстовые значения полей подстановки в соответствующие идентификаторы.

***Методический комментарий:*** в этом задании мы будем использовать сводные таблицы Excel для получения уникальных наборов данных, которые затем скопируем и вставим в таблицы Access. Такой подход гарантирует отсутствие дубликатов и позволяет легко контролировать состав полей. Поскольку в Access поля подстановки настроены на отображение текстовых значений, при вставке текста система автоматически найдет соответствующий

ID в связанной таблице и сохранит именно его. Это значительно упрощает процесс загрузки данных.

### **Общая последовательность действий:**

1. Сначала заполняем независимые справочники (таблицы, на которые никто не ссылается): *Муниципалитеты*, *Типы\_местности*, *Классы\_опасности*, *Органы\_мишени*. Данные для них получаем с помощью сводных таблиц из соответствующих исходных листов.

2. Затем подготавливаем и загружаем таблицы, ссылающиеся на справочники: *Посты*, *Вещества*, *Связь\_Вещества\_Органы*. При подготовке в Excel все поля-ссылки должны содержать текстовые названия, которые уже есть в соответствующих справочниках.

3. Последней загружаем таблицу фактов *Измерения*, где поля *Пост* и *Вещество* также представлены текстовыми названиями.

---

### **Этап 1. Заполнение независимых справочников в Access**

#### *Таблица Муниципалитеты*

1. В файле Excel на отдельном листе вставьте сводную таблицу, сформированную на основе данных таблицы листа *Справочник\_постов*.

2. В области строк сводной таблицы добавьте поле *Муниципалитет*.

3. Настройте макет сводной таблицы:

○ Вкладка «Конструктор» → «Макет отчета» → «Показать в табличной форме».

○ «Повторять все подписи элементов».

○ «Промежуточные итоги» → «Не показывать промежуточные итоги».

○ «Общие итоги» → «Отключить для строк и столбцов».

4. Скопируйте полученный список наименований муниципалитетов (без заголовка, только ячейки со значениями).

5. В Access откройте таблицу *Муниципалитеты* в режиме таблицы. Выделите столбец *Название\_муниципалитета*, щелкнув на его заголовке.

6. Вставьте скопированные данные (Ctrl+V). Поле-счетчик *Код\_Муниципалитета* заполнится автоматически.

7. Сохраните таблицу.

#### *Таблица Типы\_местности*

1. Аналогично создайте сводную таблицу на основе данных листа *Справочник\_постов*, добавив в строки поле *Тип\_местности*.

2. Получите список уникальных типов. Скопируйте этот список.

3. В Access откройте таблицу *Типы\_местности*, выделите столбец *Название\_типа* и вставьте данные.

4. Сохраните таблицу.

#### *Таблица Классы\_опасности*

○ На основании данных листа *Справочник\_ПДК* постройте сводную таблицу, добавив в строки поле *Класс\_опасности*.

1. Скопируйте полученный список чисел.

2. В Access откройте таблицу *Классы\_опасности*. Выделите столбец *Номер\_класса* и вставьте данные. Поле-счетчик *Код\_Класса* заполнится автоматически.

3. При желании можно добавить описания классов в столбец *Описание\_класса* (вручную или из дополнительного источника).

*Таблица Органы\_мишени*

1. Средствами сводных таблиц сформируйте уникальный список названий органов на основании данных таблицы *Справочник\_ПДК*.

2. Выделите полученный список значений и скопируйте его.

3. Откройте таблицу *Органы\_мишени*, выделите столбец *Название\_органа* и вставьте данные.

4. Сохраните таблицу.

---

## **Этап 2. Подготовка и загрузка таблиц, ссылающихся на справочники**

*Таблица Посты*

Необходимо получить уникальный перечень постов с их характеристиками. Используем сводную таблицу на основе листа *Справочник\_постов*.

1. Создайте новый лист Excel, например «*Для\_Посты*», и постройте сводную таблицу из листа *Справочник\_постов* или используйте лист со сводной таблицей, полученные на этапе 1.

2. В область строк последовательно добавьте все поля, которые должны войти в таблицу *Посты* (без поля *Код\_Поста*), в том же порядке, в котором они следуют в структуре Access:

○ *Название\_поста*

○ *Адрес*

○ *Тип\_местности*

○ *Высота\_м*

○ *Координата\_X*

○ *Координата\_Y*

○ *Муниципалитет*

3. Настройте макет сводной таблицы: табличная форма, повтор подписей, отключение промежуточных и общих итогов.

4. В результате каждая строка сводной таблицы будет содержать уникальную комбинацию поста и его атрибутов.

5. Выделите всю область данных сводной таблицы (включая строки с данными, но без заголовков). Убедитесь, что порядок столбцов точно соответствует порядку полей в Access (после поля *Код\_Поста*).

6. В Access откройте таблицу *Посты* в режиме таблицы. Выделите все столбцы, кроме первого (*Код\_Поста*), щелкнув на заголовке столбца *Название\_поста* и протянув до последнего столбца.

7. Вставьте скопированные данные (*Ctrl+V*). Access автоматически преобразует текстовые значения *Тип\_местности* и *Муниципалитет* в соответствующие *Коды* благодаря настройкам подстановки.

8. Сохраните таблицу.

*Таблица Вещества*

Аналогично подготовим данные на основе листа *Справочник\_ПДК*.

1. Постройте сводную таблицу из листа *Справочник\_ПДК* или используйте сводную таблицу этапа 1.

2. В область строк последовательно добавьте поля в порядке, соответствующем таблице Access (без поля *Код\_Вещества*):

- *Название\_вещества*
- *Класс\_опасности*
- *ПДКсс\_мг\_м3*
- *ПДКмр\_мг\_м3*
- *RfC\_мг\_м3*
- *Сi\_ИЗА*

3. Настройте макет сводной таблицы (табличная форма, повтор подписей, отключение итогов).

4. *Важно:* поле *Класс\_опасности* в сводной таблице отображается как число. Чтобы Access правильно воспринял его как текстовое значение для подстановки, необходимо перед копированием преобразовать числа в текст. Для этого:

- Выделите столбец с классом опасности в полученной сводной таблице.
- На вкладке «*Главная*» в группе «*Число*» выберите формат «*Текстовый*» (или через формат ячеек). Убедитесь, что числа стали текстом (например, выровнялись по левому краю).

5. Скопируйте всю область данных сводной таблицы (без заголовков, порядок полей должен совпадать с Access).

6. В Access откройте таблицу *Вещества*. Выделите все столбцы, кроме *Код\_Вещества* (начиная с *Название\_вещества* и до *Сi\_ИЗА*).

7. Вставьте данные. Access автоматически сопоставит текстовые значения класса опасности с соответствующими *Кодами* из таблицы *Классы\_опасности*.

8. Сохраните таблицу.

*Таблица Связь\_Вещества\_Органы*

1. Формируем сводную таблицу на основании листа *Справочник\_ПДК* или используем сводную таблицу из этапа 1.

2. В область строк добавляем два поля *Вещество* и *Органы-мишени*.

○ Копируем полученный список уникальных пар «*Вещество–Органы-мишени*» (без заголовков).

3. В Access откройте таблицу *Связь\_Вещества\_Органы* в режиме таблицы. Выделите два столбца (*Вещество*, *Орган*) и вставьте скопированные данные. Access сам найдёт соответствующие *Коды* для каждой пары и заполнит таблицу.

4. Сохраните таблицу.

---

### ***Этап 3. Загрузка таблицы фактов Измерения***

Для таблицы *Измерения* нам нужны все записи из листа *Сырые\_данные*.

1. Здесь мы не можем использовать сводную таблицу, так как нам нужны все исходные строки, включая дубликаты (если они есть). Поэтому, вместо построения сводной таблицы, которая сгруппирует повторяющиеся записи (например замеры концентрации какого-то вещества в один и тот же день (в случае одинаковых значений)), следует скопировать данные непосредственно с листа *Сырые\_данные*. При этом порядок столбцов должен быть следующим: *Пост*, *Вещество*, *Дата*, *Концентрация\_мг\_м3*. Это можно сделать формированием новой таблицы (например, на новом листе) простым копированием нужных столбцов с исходного листа и расстановкой их в нужном порядке.

○ Выделите на этом листе все строки с данными, начиная с первой записи (без заголовков) и скопируйте их.

2. В Access откройте таблицу *Измерения* в режиме таблицы. Выделите все столбцы, кроме *Код\_Измерения* (это столбцы *Пост*, *Вещество*, *Дата\_замера*, *Концентрация\_мг\_м3*).

3. Вставьте данные. Access автоматически преобразует текстовые названия поста и вещества в соответствующие *Коды* благодаря настройкам подстановки.

4. Сохраните таблицу.

---

### ***Проверка целостности данных***

После завершения загрузки всех таблиц выполните следующие проверки:

1. Откройте таблицу *Измерения* в режиме таблицы. Убедитесь, что поля *Пост* и *Вещество* отображают названия (а не числа). Это означает, что подстановки работают.

2. Попробуйте вручную ввести в поле *Пост* значение, которого нет в справочнике постов. Access должен выдать сообщение об ошибке (если включено обеспечение целостности).

3. Откройте таблицу *Связь\_Вещества\_Органы*. В ней должны быть пары, и при попытке ввести несуществующее вещество или орган также должна возникать ошибка.

4. Просмотрите таблицы *Посты* и *Вещества*: в них поля-ссылки (например, *Тип\_местности*) должны отображать текст, а не *Код*.

Если все проверки пройдены успешно, база данных полностью готова к выполнению аналитических запросов.

---

## ***Блок 2. Аналитические запросы к базе данных. Работа с уникальными идентификаторами***

***Общий методический комментарий:*** в теме 1 мы решали задачи подсчёта уникальных событий (дней наблюдений, контролируемых веществ, дней с превышениями) с помощью двухэтапной агрегации через сводные таблицы. В реляционной базе данных аналогичные задачи решаются путём построения запросов, которые сначала выделяют уникальные комбинации полей (с использованием свойства «Уникальные значения» или подзапросов), а затем выполняют группировку и подсчёт. Такой подход не только даёт точный результат, но и позволяет автоматизировать формирование отчётности.

Все задания этого блока выполняются в среде MS Access с использованием конструктора запросов. Исходные данные находятся в таблицах, созданных в блоке 1.

---

### ***Задание 2.1. Определение продолжительности мониторинга (количество дней наблюдений)***

***Задача:*** для каждого поста и каждого года наблюдений определить количество дней, в течение которых проводились измерения. Это позволяет оценить фактическую интенсивность работы поста и репрезентативность данных для расчёта среднегодовых показателей.

***Методический подход:*** в таблице *Измерения* каждому дню на одном посту может соответствовать несколько записей (по разным веществам). Нам нужно подсчитать количество уникальных дат для каждой комбинации «*Пост – Год*». Для этого:

1. Создадим запрос, который извлекает уникальные пары «*Пост – Дата*». Это можно сделать, установив свойство запроса «*Уникальные значения*» в «*Да*», либо сделав группировку значений по этим полям («*Групповые операции*» → «*Группировка*»). Дату необходимо разбить на три составляющих: год, месяц и

день (сформируйте 3 новых поля в запросе, используя функции *Year*, *Month*, *Day*).

2. На основе этого запроса создадим итоговый запрос, который группирует данные по постам и годам и подсчитывает количество дней.

*Последовательность действий:*

1. *Создание запроса для уникальных пар «Пост – Дата».*

- Перейдите на вкладку «Создание» → «Конструктор запросов».
- В окне «Добавление таблицы» выберите таблицы *Измерения* и *Посты* и закройте окно.

- Дважды щёлкните по полю *Название\_поста* (таблица *Посты*), чтобы добавить его в бланк запроса.

- Сформируйте новое вычисляемое поле запроса *Год* на основании значений поля *Дата\_замера* (*Год: Year([Дата замера])*).

- По аналогии сформируйте поля *Месяц* и *День* (используйте функции *Month* и *Day*).

- Включите групповые операции (кнопка «Итоги» (значок  $\Sigma$ )). Это гарантирует, что в результате не будет повторяющихся комбинаций поста и даты.

- Сохраните запрос с именем *2\_1-1*.

2. *Создание итогового запроса для подсчёта дней по постам и годам.*

- Снова нажмите «Создание» → «Конструктор запросов».
- В окне добавления таблиц перейдите на вкладку «Запросы» и добавьте запрос *2\_1-1*.

- Включите групповые операции.

- Добавьте в бланк поля *Название\_поста* и *Год* (из запроса). В строке «Групповая операция» оставьте «Группировка».

- Добавьте поле *День*. В строке «Групповая операция» выберите «Count» (количество).

- В бланке должны быть три поля: *Название\_поста* (Группировка), *Год* (Группировка), и *День* (Count).

- Запустите запрос. Вы увидите таблицу с тремя столбцами: *Название\_поста*, *год* и *количество дней*. Чтобы данные отображались более компактно, можно изменить тип запроса на «Перекрестный» и расставить эти три поля в области перекрестной таблицы (по аналогии со сводными таблицами Excel: *Название\_поста* – заголовки строк, *Год* – заголовки столбцов, *День* – значение).

- Сохраните запрос как *2\_1-итог*.

**Интерпретация результатов:** полученная таблица показывает, сколько дней в каждом году функционировал каждый пост. Например, если пост «Центральный» в 2024 году имеет 312 дней, это означает высокую

интенсивность наблюдений. Низкие значения (менее 200 дней) могут свидетельствовать о простоях оборудования или пропусках в программе мониторинга, что снижает достоверность среднегодовых оценок.

---

### ***Задание 2.2. Инвентаризация контролируемых параметров (полнота охвата)***

***Задача:*** определить, какие вещества контролировались на каждом посту в каждом году, и подсчитать их количество. Это позволяет выявить посты с неполной программой наблюдений.

***Методический подход:*** аналогично предыдущему заданию, но теперь нам нужны уникальные пары «Пост – Вещество – Год». Сначала создадим запрос с уникальными значениями, затем выполним группировку.

***Последовательность действий:***

1. *Создание запроса для уникальных комбинаций «Пост – Вещество – Год».*

- Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения, Посты и Вещества* (чтобы сразу получать названия).

- Добавьте поля: *Название\_поста, Название\_вещества* и вычисляемое поле: *Год: Year([Дата\_замера])*.

- Сгруппируйте значения до уникальных.

- Сохраните запрос как *2\_2-1*.

2. *Создание итогового запроса для подсчёта количества веществ по постам и годам.*

- Создайте новый запрос на основе запроса *2\_2-1*.

- Включите групповые операции.

- Добавьте поле *Название\_поста* (Группировка).

- Добавьте поле *Год* (Группировка).

- Добавьте поле *Название\_вещества* и в строке «Групповая операция» выберите Count.

- Для удобства отображения также можно изменить тип запроса на перекрестный: *Название\_поста* разместить в *заголовках строк*, *Год* – в *заголовках столбцов*, *Название\_вещества* – в *значениях*.

- Запустите запрос. Вы получите количество уникальных веществ, измерявшихся на каждом посту в каждом году.

- Сохраните запрос как *2\_2-итог*.

***Интерпретация результатов:*** результат показывает динамику расширения или сужения программы мониторинга. Например, если на посту «Промышленный» в 2020 году контролировалось 8 веществ, а в 2024 – 15, это говорит о модернизации оборудования или изменении нормативных требований. Отсутствие контроля специфических веществ (например,

формальдегида) может сделать невозможной оценку вклада конкретных источников.

---

**Задание 2.3. Оценка интенсивности превышений ПДК (количество дней с неблагоприятной ситуацией)**

**Задача:** подсчитать для каждого поста и года количество дней, в которые хотя бы по одному веществу было зафиксировано превышение среднесуточной ПДК (ПДКсс). Это ключевой показатель для оперативной отчётности.

**Методический подход:** необходимо выделить уникальные даты для каждого поста, когда концентрация какого-либо вещества превышала ПДКсс. Для этого:

1. Создадим запрос, который отбирает измерения с превышением и возвращает уникальные пары «Пост – Дата».

2. Затем выполним группировку по постам и годам с подсчётом дат.

**Последовательность действий:**

1. *Создание запроса для уникальных дат с превышениями.*

○ Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения, Посты, Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста, Дата\_замера, Концентрация\_мг\_м3*.

○ В условии отбора для поля *Концентрация\_мг\_м3* (его можно не выводить) укажите условие:  $>[\text{ПДКсс\_мг\_м3}]$ . Это обеспечит отбор только тех строк, где концентрация превышает ПДКсс.

○ Сформируйте вычисляемое поле *Год* из поля *Дата\_замера*.

○ Включите группировку, чтобы получить уникальные пары «*пост – дата*» с добавлением года (если в один день на одном посту было несколько превышений, они не должны дублироваться). Для поля с условием задать групповую операцию «Условие».

○ Сохраните запрос как *2\_3-1*.

2. *Создание итогового запроса для подсчёта дней по постам и годам.*

○ Создайте новый запрос на основе запроса *2\_3-1*.

○ Включите групповые операции и перекрестный тип запроса.

○ Добавьте поле *Название\_поста* (Группировка, заголовки строк).

○ Добавьте поле *Год* (Группировка, заголовки столбцов).

○ Добавьте поле *Дата\_замера* (Count, значения).

○ Запустите запрос. Результат – количество дней с превышениями для каждого поста по годам.

○ Сохраните запрос как *2\_3-итог*.

**Интерпретация результатов:** полученные цифры можно сравнить с официальной отчётностью. Например, если в форме 2-ТП (воздух) указано 32

дня с превышениями на посту «Промышленный», а запрос показывает 45, это сигнал к проверке исходных данных или методики расчёта.

---

### **Блок 3. Классификация и группировка**

**Общий методический комментарий:** в теме 1 мы выполняли классификацию непрерывных величин (концентраций) с помощью группировки в сводных таблицах и создания дополнительных полей с категориями. В Access те же задачи решаются с использованием *вычисляемых полей* в запросах, а также с помощью *подзапросов* для получения статистических параметров (среднего, стандартного отклонения) по всему набору данных. Категории присваиваются с помощью функций *IIf* или *Switch*. Для сезонной классификации используются функции для извлечения месяца из даты (Month), а затем строится *перекрёстный запрос*, который является аналогом сводной таблицы в Excel.

Все задания этого блока выполняются в MS Access с использованием конструктора запросов. При необходимости создаются промежуточные запросы, на которые ссылаются последующие.

---

#### **Задание 3.1. Ранжирование постов по уровню загрязнения**

**Задача:** на основе среднегодовых концентраций диоксида азота (NO<sub>2</sub>) за 2024 год распределить посты наблюдения по категориям: «низкий», «средний», «высокий» уровень загрязнения. Границы категорий определить методом сигмальных отклонений:

- *низкий:* концентрация < (среднее – стандартное отклонение);
- *средний:* (среднее – ст.откл.) ≤ концентрация ≤ (среднее + ст.откл.);
- *высокий:* концентрация > (среднее + ст.откл.).

#### **Методический подход:**

1. Сначала создадим запрос, который вычисляет среднегодовую концентрацию NO<sub>2</sub> для каждого поста за 2024 год.

2. Затем создадим запрос, который вычисляет общее среднее и стандартное отклонение этих средних концентраций (используя подзапрос или отдельный запрос).

3. В итоговом запросе, объединяющем результаты первых двух, с помощью функции *IIf* присвоим каждому посту категорию.

#### **Последовательность действий:**

1. *Запрос для расчёта среднегодовых концентраций по постам.*

▪ Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*. Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ На панели инструментов нажмите кнопку «Итоги» (Σ).

○ Для поля *Концентрация\_мг\_м3* в строке «Групповая операция» выберите *Avg* (среднее).

○ Для остальных полей оставьте *Группировка*.

○ В условие отбора для *Название\_вещества* укажите: "Азота диоксид".

○ Добавьте условие для даты: в новом столбце создайте вычисляемое поле *Год: Year([Дата\_замера])* и в условии отбора укажите 2024.

○ Сохраните запрос как *3\_1-1*.

## 2. Запрос для вычисления общего среднего и стандартного отклонения.

○ Создайте новый запрос на основе предыдущего (*3\_1-1*).

○ На панели инструментов нажмите «Итоги».

○ Добавьте поле *Avg-Концентрация\_мг\_м3* (или как оно названо в предыдущем запросе) – это будут средние концентрации по постам.

○ В строке «Групповая операция» для этого поля выберите *Avg* – это даст общее среднее.

○ Еще раз добавьте это же поле, но теперь в строке «Групповая операция» выберите *StDev* – это даст стандартное отклонение.

○ В результате запрос вернёт одну строку с двумя столбцами.

○ Сохраните запрос как *3\_2-2*.

## 3. Итоговый запрос для присвоения категорий.

○ Создайте новый запрос, добавьте запросы *3\_2-1* и *3\_2-2*.

○ Связи между ними не требуется, так как статистика – это единичные значения.

○ Добавьте поля из *3\_2-1*: *Название\_поста*, *Avg-Концентрация\_мг\_м3* (переименуйте для удобства, например, *СрКонц*).

○ Добавьте поля из *3\_2-2*: *Avg-СрКонц* и *StDev-СрКонц* (имена могут отличаться; уточните по факту).

○ В новом столбце создайте вычисляемое поле для категории:

*Категория: If([СрКонц] < [Avg-СрКонц] - [StDev-СрКонц]; "низкий"; If([СрКонц] > [Avg-СрКонц] + [StDev-СрКонц]; "высокий"; "средний"))*

○ Запустите запрос. Вы увидите список постов с их средними концентрациями и присвоенными категориями.

○ Сохраните запрос как *3\_1-итог*.

**Интерпретация результатов:** полученная таблица позволяет выделить посты с наиболее высоким уровнем загрязнения (категория «высокий») – они требуют первоочередных природоохранных мероприятий. Посты с низким уровнем могут служить условным фоном. Такая классификация более чувствительна, чем прямое сравнение с ПДК, так как учитывает региональные особенности распределения концентраций.

### **Задание 3.2. Сезонная классификация уровня загрязнения взвешенными частицами (PM10)**

**Задача:** для взвешенных частиц PM10 проанализировать сезонную динамику загрязнения за каждый год наблюдений. Определить средние концентрации по сезонам (зима, весна, лето, осень) и построить перекрёстную таблицу, где в строках – годы, в столбцах – сезоны, а на пересечении – средняя концентрация.

#### **Методический подход:**

1. Создадим запрос, который извлекает из даты месяц и год, и с помощью функции *Switch* (или *If*) определяет сезон.

2. На основе этого запроса построим перекрёстный запрос, который сгруппирует данные по годам (строки) и сезонам (столбцы) и вычислит средние концентрации.

#### **Последовательность действий:**

1. *Запрос для определения сезона.*

○ Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля:

- Год: Year([Дата\_замера])
- Месяц: Month([Дата\_замера])
- Концентрация\_мг\_м3
- Название\_поста

○ В условии отбора для *Название\_вещества* укажите "Взвешенные частицы PM10".

○ Теперь создадим вычисляемое поле для сезона. В новом столбце введите:

*Сезон: Switch([Месяц] In (12;1;2); "Зима"; [Месяц] In (3;4;5); "Весна"; [Месяц] In (6;7;8); "Лето"; [Месяц] In (9;10;11); "Осень")*

Функция *Switch* последовательно проверяет условия и возвращает соответствующее значение. Обратите внимание на синтаксис: после каждого условия ставится точка с запятой, затем значение; в конце скобка.

○ Сохраните запрос как 3\_2-1.

2. *Перекрёстный запрос для сезонной динамики.*

○ Создайте новый запрос, но сразу выберите тип: «Перекрёстный».

○ Добавьте в качестве источника запрос 3\_2-1.

○ В бланке запроса (теперь с дополнительной строкой «Перекрёстная таблица») укажите:

- Поле *Год* – перекрёстная таблица: «Заголовки строк».
- Поле *Сезон* – перекрёстная таблица: «Заголовки столбцов».

▪ Поле *Концентрация\_мг\_м3* – перекрёстная таблица: «Значение». В строке «Групповая операция» для этого поля выберите *Avg* (среднее).

○ Остальные поля (например, *Название\_поста*) не добавляйте, иначе они повлияют на группировку.

○ Запустите запрос. Вы получите таблицу, где для каждого года указаны средние концентрации по сезонам.

○ Сохраните запрос как *3\_2-итог*.

**Интерпретация результатов:** перекрёстная таблица показывает, как меняется уровень загрязнения РМ10 по сезонам в разные годы. Например, если зимние концентрации стабильно выше летних, это указывает на влияние отопительного сезона. Аномально высокие значения в каком-либо сезоне могут свидетельствовать о чрезвычайных ситуациях или изменении структуры выбросов.

---

#### **Блок 4. Расчёт интегральных показателей**

**Общий методический комментарий:** интегральные показатели, такие как индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) или коэффициент концентрации, требуют объединения данных из разных таблиц и выполнения последовательных расчётов. В Excel мы решали эти задачи с помощью многоуровневых сводных таблиц и вычисляемых полей. В Access аналогичная логика реализуется через *цепочку запросов*: каждый последующий запрос использует результаты предыдущего. Это позволяет разбить сложную задачу на простые шаги, легко контролировать промежуточные результаты и при необходимости модифицировать расчёт.

Все запросы создаются в конструкторе; для вычислений используются арифметические операции и агрегатные функции.

---

#### **Задание 4.1. Расчёт индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для каждого поста**

**Задача:** рассчитать ИЗА для каждого поста за 2024 год. ИЗА вычисляется по формуле:

$$ИЗА = \sum_i (C_i / ПДК_{с\text{с}i})^{C_i\_ИЗА}$$

где  $C_i$  – среднегодовая концентрация  $i$ -го вещества на посту,  $ПДК_{с\text{с}i}$  – среднесуточная ПДК,  $C_i\_ИЗА$  – коэффициент, зависящий от класса опасности (из таблицы Вещества, поле  $C_i\_ИЗА$ ). Результат округляется до целого числа.

##### **Методический подход:**

1. Первый запрос вычисляет среднегодовые концентрации каждого вещества на каждом посту за 2024 год (средние по всем измерениям).

2. Второй запрос на основе первого вычисляет для каждой пары «*пост–вещество*» приведённый показатель  $(C_i / ПДК_{с\text{с}})^{C_i\_ИЗА}$ .

3. Третий запрос группирует результаты по постам и суммирует приведённые показатели, получая ИЗА. Здесь же выполняется округление.

**Последовательность действий:**

1. *Запрос 1: средние концентрации по постам и веществам за 2024 год.*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

▪ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *ПДКсс\_мг\_м3*, *Сi\_ИЗА*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ Нажмите кнопку «Итоги».

○ Для *Концентрация\_мг\_м3* выберите *Avg*.

○ Для остальных полей оставьте *Группировка*.

○ Добавьте условие отбора по году: в новом столбце *Год: Year([Дата\_замера])* и укажите условие 2024.

○ Сохраните запрос как 4\_1-1.

2. *Запрос 2: расчёт приведённого показателя.*

○ Создайте новый запрос на основе запроса 4\_1-1.

▪ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *Avg-Концентрация\_мг\_м3* (переименуем для ясности, например, в *СрКонц*), *ПДКсс\_мг\_м3*, *Сi\_ИЗА*.

○ Создайте вычисляемое поле:

*Привед\_показатель: ([СрКонц] / [ПДКсс\_мг\_м3]) ^ [Сi\_ИЗА]*

○ В этом запросе группировка не нужна – мы просто получаем список всех пар с рассчитанным показателем.

○ Сохраните запрос как 4\_1-2.

3. *Запрос 3: суммирование по постам и получение ИЗА.*

○ Создайте новый запрос на основе запроса 4\_1-2.

○ Нажмите кнопку «Итоги».

○ Добавьте поле *Название\_поста* (Группировка).

○ Добавьте поле *Привед\_показатель* и в строке «Групповая операция» выберите *Sum*.

○ В новом столбце создайте вычисляемое поле для округления (групповая операция - *Sum*):

*ИЗА: Round([Привед\_показатель];0)*

Функция *Round* округляет до указанного количества знаков (0 – до целого).

○ Запустите запрос. Вы получите список постов с рассчитанным ИЗА.

○ Сохраните запрос как 4\_1-итог.

**Интерпретация результатов:** ИЗА позволяет ранжировать территории по комплексному уровню загрязнения. Значения менее 4 соответствуют низкому загрязнению, 4–6 – повышенному, 6–13 – высокому, более 13 – очень

высокому (согласно классификации, принятой в Росгидромете). Посты с высоким ИЗА требуют первоочередных мер по снижению выбросов.

#### **Задание 4.2. Расчёт коэффициента концентрации (Кк) относительно фоновой поста**

**Задача:** рассчитать, во сколько раз средняя концентрация диоксида серы (SO<sub>2</sub>) на посту «Промышленный» выше, чем на фоновом посту «Фоновый», за каждый год наблюдений.

**Методический подход:** коэффициент концентрации  $K_k = C_{\text{пром}} / C_{\text{фон}}$  позволяет оценить вклад локальных источников. Для решения:

1. Создадим перекрёстный запрос, который для всех постов и всех лет вычислит среднегодовые концентрации SO<sub>2</sub>.

2. На его основе построим запрос, который извлечёт значения для двух конкретных постов и вычислит их отношение.

##### **Последовательность действий:**

1. *Перекрёстный* запрос для средних концентраций SO<sub>2</sub> по постам и годам.

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

▪ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Год*: *Year([Дата\_замера])*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ В условии отбора для *Название\_поста* установите «Промышленный» и «Фоновый» (в разных строках условия отбора), для *Название\_вещества* укажите "Серы диоксид" (для двух строк условий отбора).

○ Измените тип запроса на перекрёстный.

▪ Поле *Название\_поста* – «Группировка», «Заголовки столбцов».

▪ Поле *Год* – «Группировка», «Заголовки строк».

▪ Поле *Концентрация\_мг\_м3* – Avg, «Значения».

▪ Поле *Название\_вещества* – Условие.

○ Сохраните запрос как 4\_2-1.

2. *Запрос для расчёта коэффициента концентрации.*

○ Создайте новый запрос на основе 4\_2-1.

○ Добавьте поля *Год*, *Промышленный* и *Фоновый* (т.к. названия постов являются заголовками запроса 4\_2-1).

○ В новом столбце вычислите коэффициент:

$$K_k: [Промышленный]/[Фоновый]$$

Запустите запрос. Результат – по годам значения коэффициента концентрации.

○ Сохраните запрос как 4\_2-итог.

**Интерпретация результатов:** коэффициент концентрации показывает, во сколько раз концентрация на промышленном посту выше фоновой. Если значение стабильно больше 1, это подтверждает влияние локальных источников. Рост коэффициента во времени может указывать на увеличение выбросов, снижение – на эффективность природоохранных мер.

---

### **Блок 5. Приоритезация и ТОП-анализ**

**Общий методический комментарий:** в теме 1 для выделения наиболее значимых объектов (приоритетных загрязнителей, «горячих точек», наихудших постов) мы использовали инструменты ранжирования, фильтрации по значению и вычисляемые поля в сводных таблицах. В Access аналогичные задачи решаются с помощью запросов, в которых применяются сортировка, группировка, условия отбора, а также опция «Вернуть» для отбора первых записей. Для получения ТОП-3 по каждому посту потребуются более сложные конструкции – подзапросы или использование ранжирующих функций.

Все запросы этого блока создаются в конструкторе MS Access на основе таблиц и промежуточных запросов, полученных ранее.

---

#### **Задание 5.1. Определение приоритетных загрязнителей для каждого поста**

**Задача:** для каждого поста определить три вещества, по которым за 2024 год зафиксирована наибольшая средняя кратность превышения ПДКсс (концентрация / ПДКсс). Результат представить в виде таблицы: *пост, вещество, средняя кратность*.

##### **Методический подход:**

1. Сначала создадим запрос, который для каждого поста и каждого вещества вычисляет среднюю кратность превышения ПДКсс за 2024 год. Это аналогично расчёту средних концентраций, но с делением на ПДК.

2. Затем на основе этого запроса создадим итоговый запрос, который с помощью функции *DCount* в условии отбора оставит только те записи, для которых количество других записей того же поста с большей кратностью меньше трёх. Это и будут три вещества-лидера для каждого поста.

##### **Последовательность действий:**

1. *Запрос для расчёта средней кратности превышения ПДКсс по постам и веществам за 2024 год.*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения, Посты, Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста, Название\_вещества* из соответствующих таблиц.

○ Вычисляемое поле:

*СрКратность: [Концентрация\_мг\_м3]/[ПДКсс\_мг\_м3]*

○ Включите группировку (*Avg* для вычисляемого поля, для остальных – *Группировка*).

○ Добавьте условие по году: *Year([Дата\_замера]) = 2024*.

○ Сохраните запрос как *5\_1-1*.

2. *Создание запроса для отбора ТОП-3 по каждому посту (с использованием подзапроса)*.

○ Создайте новый запрос на основе запроса *5\_1-1*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста, Название\_вещества, СрКратность*.

○ Добавьте вычисляемое поле:

*номПП: DCount("\*"; "[Запрос\_5\_1-1]"; "[Название\_поста] = "" & [Название\_поста] & "" & " AND [СрКратность] > " & Replace([СрКратность]; ";"; ".")*

и задайте для него условие отбора *<3*.

*Примечание:* В конструкторе запросов это поле нужно вводить с использованием построителя выражений (кнопка «Построить»), чтобы правильно сформировать синтаксис с кавычками для текстовых полей.

○ Это условие работает так: для каждой текущей записи функция *DCount* подсчитывает количество записей в том же запросе *5\_1-1*, у которых:

▪ тот же пост (*[Название\_поста] = значение из текущей записи*)

▪ кратность больше, чем у текущей записи (*[СрКратность] > значение из текущей записи*)

○ Если таких записей меньше трёх, значит текущая запись входит в тройку лидеров по своему посту.

○ Добавьте сортировку: сначала по полю *Название\_поста* (по возрастанию), затем по *СрКратность* (по убыванию), чтобы результаты были упорядочены.

○ Запустите запрос. Вы получите для каждого поста до трёх веществ с наибольшей кратностью.

○ Сохраните запрос как *5\_1\_итог*.

**Пояснение работы условия:** функция *DCount* подсчитывает количество записей в том же запросе, которые относятся к тому же посту и имеют бóльшую кратность превышения. Если таких записей 0, значит текущее вещество – самое проблемное на посту. Если 1 – это второе по значимости, если 2 – третье. Условие *< 3* оставляет все три позиции.

**Интерпретация результатов:** полученная таблица показывает, какие вещества вносят наибольший вклад в загрязнение на каждом посту. Это основа для разработки адресных природоохранных мероприятий (например, снижение выбросов именно этих веществ).

## **Задание 5.2. Выявление «горячей точки» – максимальная кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>**

**Задача:** определить дату, пост и вещество, где за весь период наблюдений (2020–2025 гг.) зафиксирована наибольшая кратность превышения максимально-разовой ПДК (ПДК<sub>мр</sub>). Результат представить в виде краткой записи.

**Методический подход:** вместо использования функций по подмножеству (например, *DMax*) или вложенных запросов можно решить задачу проще: создать запрос, который вычисляет кратность для всех записей, отсортировать его по убыванию кратности и с помощью свойства «Вернуть» (значение «1») оставить только первую запись – с максимальной кратностью. Если существует несколько записей с одинаковой максимальной кратностью, будет выбрана одна (например, первая по дате).

### **Последовательность действий:**

1. Запрос для расчёта кратности превышения ПДК<sub>мр</sub> по всем записям.

- Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

- Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *Дата\_замера*, *Концентрация\_мг\_м3*.

- Вычисляемое поле:

*Кратность*: [*Концентрация\_мг\_м3*] / [*ПДК<sub>мр</sub>\_мг\_м3*]

- На панели инструментов найдите поле «Вернуть». Введите «1».

- В бланке запроса для вычисляемого поля *Кратность* в строке «Сортировка» выберите «По убыванию».

- Запустите запрос. Он вернёт одну запись – с наибольшей кратностью превышения (если есть несколько одинаковых максимумов, будет показана одна).

- Сохраните запрос как 5\_2.

**Пояснение работы:** сортировка по убыванию поля *Кратность* помещает максимальное значение в первую строку. Свойство «Вернуть = 1» оставляет только эту первую строку. Таким образом, мы получаем искомую «горячую точку».

**Интерпретация результатов:** полученная запись указывает на наиболее экстремальное событие загрязнения за весь период. Это может быть связано с аварией, неблагоприятными метеоусловиями или залповым выбросом. Требуется дополнительный анализ причин. Если известно, что в данных могут быть несколько записей с одинаковым максимумом, можно изменить свойство «Вернуть» на большее число или использовать группировку с подзапросом.

### **Задание 5.3. Ранжирование постов по комплексному показателю (число дней с превышениями)**

**Задача:** проранжировать посты наблюдения по количеству дней с превышениями ПДКсс в 2024 году (по любому веществу). Определить три поста с наихудшей ситуацией.

**Методический подход:** используем методологию, аналогичную заданию 2.3, но ограничимся только 2024 годом. Создадим запрос, который выделяет уникальные даты с превышениями для каждого поста, а затем сгруппирует по постам и подсчитает количество таких дат. После этого отсортируем по убыванию и оставим три поста с наибольшим числом дней.

#### **Последовательность действий:**

1. *Создание запроса для уникальных дат с превышениями в 2024 году.*

○ Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения, Посты, Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста, Дата\_замера*.

○ В условии отбора для поля *Концентрация\_мг\_м3* (его можно не выводить) укажите условие:  $> [ПДКсс\_мг\_м3]$ . Это обеспечит отбор только тех строк, где концентрация превышает ПДКсс.

○ Добавьте условие по году: создайте вычисляемое поле *Год: Year([Дата\_замера])* и задайте условие отбора 2024.

○ Добавьте условие по веществу: поле *Название\_вещества* (условие: «*Взвешенные частицы РМ10*»).

○ Включите группировку (кнопка «Итоги»), чтобы получить уникальные пары «пост – дата». Для полей *Название\_поста* и *Дата\_замера* выберите «Группировка», для полей с условиями – «Условие».

○ Сохраните запрос как 5\_3-1.

2. *Создание итогового запроса для подсчёта дней по постам.*

○ Создайте новый запрос на основе запроса 5\_3-1.

○ На панели инструментов нажмите кнопку «Итоги».

○ Добавьте поле *Название\_поста* (Группировка).

○ Добавьте поле *Дата\_замера* (Count) – это и будет количество дней с превышениями по выбранному веществу.

3. *Отбор трёх постов с наибольшим числом дней.*

○ На панели инструментов в поле «Вернуть» введите «3».

○ В бланке запроса для поля *Count-Дата\_замера* в строке «Сортировка» выберите «По убыванию».

○ Запустите запрос. Он покажет три поста с максимальным количеством дней превышений в 2024 году.

○ Сохраните запрос как 5\_3\_итог.

**Интерпретация результатов:** три поста с наибольшим числом дней с превышениями – это территории с наиболее частыми нарушениями качества воздуха (по выбранному веществу). Они требуют первоочередных мер: усиления контроля, проверки источников выбросов, разработки планов снижения загрязнения.

---

## **Блок 6. Пространственно-временной анализ**

### **Задание 6.1. Анализ многолетних трендов концентраций формальдегида**

**Задача:** для формальдегида (вещество 2-го класса опасности) построить линейный тренд среднегодовых концентраций за период 2020–2025 гг. Определить, наблюдается ли устойчивый рост или снижение загрязнения на посту «Промышленный». (Визуализацию выполнить в Excel.)

**Методический подход:** d Access нет встроенных средств построения трендов, поэтому мы подготовим данные с помощью запроса, который вычисляет среднегодовые концентрации формальдегида на заданном посту. Затем в Excel настроим подключение к этому запросу и построим диаграмму с линией тренда. Такой подход обеспечивает автоматическое обновление графика при изменении исходных данных в базе.

#### **Последовательность действий:**

1. *Создание запроса для среднегодовых концентраций формальдегида на посту «Промышленный».*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля:

▪ Год: Year([Дата\_замера])

▪ СрКонц: [Концентрация\_мг\_м3]

○ Включите группировку: для *Год* – Группировка, для *СрКонц* – Avg.

○ В условии отбора для *Название\_поста* укажите "Промышленный".

○ В условии отбора для *Название\_вещества* укажите "Формальдегид" (точное название из справочника).

○ Добавьте сортировку по году (по возрастанию).

○ Сохраните запрос как 6\_1.

2. *Подключение данных в Excel и построение тренда.*

○ Откройте Excel, создайте новую книгу.

○ На вкладке «Данные» выберите «Получить данные» → «Из базы данных» → «Из базы данных Microsoft Access».

○ Укажите путь к вашему файлу базы данных *Экомониторинг.accdb*.

○ В навигаторе выберите запрос 6\_1 и нажмите «Загрузить». Данные будут загружены на новый лист в виде таблицы.

○ Выделите полученные данные (два столбца: *год* и *средняя концентрация*).

○ На вкладке «Вставка» выберите тип диаграммы «Точечная» (лучше всего «Точечная с гладкими кривыми и маркерами» или просто «Точечная»).

○ После построения диаграммы щёлкните правой кнопкой мыши по ряду данных и выберите «Добавить линию тренда».

○ В настройках линии тренда выберите тип «*Линейная*», а также установите флажки «*показывать уравнение на диаграмме*» и «*величина достоверности аппроксимации (R<sup>2</sup>)*».

○ Проанализируйте знак коэффициента при  $x$  в уравнении: если он положительный – концентрация растёт, если отрицательный – снижается. Коэффициент  $R^2$  (близкий к 1) указывает на устойчивость тренда.

○ При необходимости добавьте подписи осей и заголовков диаграммы.

**Интерпретация результатов:** уравнение тренда и  $R^2$  показывают направление и устойчивость изменений. Если коэффициент при  $x$  положителен и  $R^2$  близок к 1, можно говорить об устойчивом росте загрязнения. Это сигнал для усиления контроля за источниками выбросов формальдегида.

---

### **Задание 6.2. Сравнение сезонных профилей «зима–лето» для нескольких веществ**

**Задача:** для взвешенных частиц PM<sub>10</sub>, диоксида азота (NO<sub>2</sub>) и оксида углерода (CO) на посту «Центральный» рассчитать для каждого года отношение средней зимней концентрации к средней летней. Сравнить полученные коэффициенты – какой из загрязнителей имеет более выраженную сезонность? Построить в Excel линейный график изменения отношения по годам для трёх веществ.

#### **Методический подход:**

1. Создадим запрос, который для заданного поста и каждого вещества извлекает год, месяц, концентрацию и определяет сезон по месяцу.

2. На основе этого запроса построим перекрёстный запрос, который сгруппирует данные по годам и веществам (строки) и по сезонам (столбцы), вычислив средние концентрации для зимы и лета.

3. Третий запрос рассчитает отношение зимней концентрации к летней для каждой пары «год–вещество».

4. В Excel настроим подключение к этому итоговому запросу и построим график, который будет автоматически обновляться при изменении данных в базе.

#### **Последовательность действий:**

1. *Подготовка данных (запрос с сезонами для нужных веществ и поста).*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля:

- Год: Year([Дата\_замера])
- Месяц: Month([Дата\_замера])
- Название\_вещества
- Концентрация\_мг\_м3

○ Вычисляемое поле для сезона:

*Сезон: Switch([Месяц] In (12;1;2);"Зима";[Месяц] In (6;7;8);"Лето";[Месяц] In (3;4;5);"Весна";[Месяц] In (9;10;11);"Осень")*

○ В условии отбора для *Название\_поста* укажите "Центральный".

○ Для поля *Название\_вещества* укажите условия "Взвешенные частицы PM10", "Азота диоксид", "Углерода оксид", используя несколько строк условий отбора.

○ Сохраните запрос как б\_2-1.

2. *Перекрестный запрос б\_2-2: средние концентрации по годам, веществам и сезонам (только зима и лето).*

○ Создайте новый запрос, выбрав тип «*Перекрестный*» (на панели инструментов).

○ В качестве источника данных добавьте запрос б\_2-1.

○ В бланке запроса настройте поля:

▪ Поле *Год* – перекрестная таблица: «Заголовки строк», групповая операция: «*Группировка*».

▪ Поле *Название\_вещества* – перекрестная таблица: «Заголовки строк», групповая операция: «*Группировка*». (В итоге в строках будут уникальные комбинации года и вещества).

▪ Поле *Сезон* – перекрестная таблица: «Заголовки столбцов», групповая операция: «*Группировка*».

▪ Поле *Концентрация\_мг\_м3* – перекрестная таблица: «Значение», групповая операция: «*Avg*».

○ Чтобы оставить только зимние и летние сезоны, в условии отбора для поля *Сезон* укажите "Зима", "Лето" (используя разные строки условий отбора).

○ Запустите запрос. В результате вы получите таблицу, где для каждого года и вещества будут столбцы *Зима* и *Лето* со средними концентрациями.

○ Сохраните запрос как б\_2-2.

2. *Запрос б\_2-3: расчёт отношения Зима/Лето.*

○ Создайте новый запрос на основе перекрестного запроса б\_2-2.

○ Добавьте поля: *Год*, *Название\_вещества*, вычисляемое поле:

*Отношение\_ЗимаЛето: [Зима] / [Лето].*

○ Добавьте сортировку по *Год* (по возрастанию) и по *Название\_вещества* (по возрастанию).

○ Сохраните запрос как *б\_2-итог*.

### 3. Построение графика в Excel с динамическим подключением.

○ Откройте Excel, создайте новую книгу.

○ На вкладке «Данные» выберите «Получить данные» → «Из базы данных» → «Из базы данных Microsoft Access».

○ Укажите путь к вашему файлу *Экомониторинг.accdb*.

○ В навигаторе выберите запрос *б\_2-итог* и загрузите его как таблицу или как сводную таблицу (для дальнейшего построения графика удобнее загрузить как таблицу на лист).

○ По полученным данным постройте линейный график: ось X – год, ось Y – отношение, отдельные линии для каждого вещества (названия веществ можно использовать как легенду).

○ Настройте подписи осей, заголовков.

○ При изменении данных в исходной базе достаточно будет обновить подключение в Excel (правая кнопка мыши на таблице → «Обновить»), и график автоматически перестроится.

**Интерпретация результатов:** полученные на графике линии показывают, как меняется сезонный контраст для каждого вещества по годам. Если отношение Зима/Лето значительно больше 1 для PM10 и NO<sub>2</sub>, это подтверждает влияние отопительного сезона. Для CO отношение может быть ближе к 1, так как его источники (автотранспорт) работают круглогодично. Аномальные пики могут указывать на экстремальные погодные условия или изменения в характере выбросов. Сравнение веществ позволяет определить доминирующие источники загрязнения и их динамику.

---

## **Блок 7. Сложные многоэтапные модели**

### **Задание 7.1. Анализ частоты и интенсивности превышений ПДК**

**Задача:** для каждой пары «пост – вещество» за 2024 год рассчитать два показателя:

• **Частота превышений** – доля измерений (в процентах), в которых концентрация превышала ПДКсс.

• **Интенсивность превышений** – средняя кратность превышения ПДКсс (только для тех измерений, когда превышение имело место).

Классифицировать пары по этим критериям согласно таблице 2 (аналогично теме 1) и построить точечную диаграмму в Excel. Все расчёты и присвоение категорий выполнить средствами Access; Excel используется только для визуализации.

**Методический подход:**

1. Создадим запрос для подсчёта общего числа измерений по каждой паре «пост–вещество» за 2024 год.

2. Создадим запрос для подсчёта числа превышений (*концентрация* > *ПДКсс*) по тем же парам.

3. Создадим запрос для вычисления средней кратности среди превышений (только для пар, где были превышения).

4. Объединим эти три запроса с помощью левых соединений, чтобы получить итоговую таблицу, содержащую для каждой пары: общее количество измерений, количество превышений, среднюю кратность превышений (или 0, если превышений не было).

5. В этом же итоговом запросе с помощью функции *If* или *Switch* присвоим каждой паре категорию на основе значений частоты и интенсивности, используя границы, указанные в таблице 2.

6. Экспортируем полученную таблицу в Excel (через подключение) и построим точечную диаграмму, окрасив точки по категориям.

#### **Последовательность действий:**

1. Запрос 7\_1-1 (общее число измерений по постам и веществам за 2024 год).

- Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

- Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*.

- Добавьте поле *КолИзмерений*: [*Код\_Измерения*].

- Включите групповые операции: для первых двух – *Группировка*, для третьего – *Count*.

- Условие по году: *Year([Дата\_замера]) = 2024*.

- Сохраните запрос как 7\_1-1.

2. Запрос 7\_1-2 (число превышений).

- Создайте аналогичный запрос, но добавьте условие отбора для концентрации: в поле *Концентрация\_мг\_м3* (его можно не выводить) укажите в строке «Условие отбора»: > [*ПДКсс\_мг\_м3*]. При группировке для этого поля установите *Условие*.

- Остальные поля и группировки – как в 7\_1-1.

- Вместо имени поля для подсчета количества измерений *КолИзмерений* можно использовать имя *КолПревышений*, т.к. здесь мы уже считаем количество превышений.

- Условие по году также добавьте.

- Сохраните как 7\_1-2.

3. Запрос 7\_1-3.

- Создайте новый запрос на основе таблиц *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*.

○ Вычисляемое поле:

*СрКратность*:  $[Концентрация\_мг\_м3] / [ПДКсс\_мг\_м3]$ .

○ Условие отбора: для поля *Концентрация\_мг\_м3* (или для вычисляемого поля) укажите  $> [ПДКсс\_мг\_м3]$ , чтобы оставить только превышения.

○ Нажмите кнопку «Итоги», для *СрКратность* выберите «Avg», остальные – «Группировка» (для поля *Концентрация\_мг\_м3* – «Условие»).

○ Условие по году:  $Year([Дата\_замера]) = 2024$ .

○ Сохраните как 7\_1-3.

#### 4. Итоговый запрос 7\_1-итог (объединение и расчёт категорий).

○ Создайте новый запрос, добавьте запрос 7\_1-1. Затем добавьте запросы 7\_1-2 и 7\_1-3 с левыми соединениями по полям *Название\_поста* и *Название\_вещества*. В конструкторе для этого нужно дважды щёлкнуть на линии связи и выбрать «Объединение всех записей из 7\_1-1» (левое соединение).

○ Добавьте поля:

▪ 7\_1-1.Название\_поста,

▪ 7\_1-1.Название\_вещества,

▪ ОбщееКол: 7\_1-1.КолИзмерений,

▪ ПревышКол: Nz([7\_1-2].[КолПревышений]; 0),

▪ Интенс: Nz([7\_1-3].[СрКратность]; 0).

○ Вычислите частоту: *Частота*:  $[ПревышКол] / [ОбщееКол] * 100$ .

○ Теперь, используя таблицу 2 из темы 1, присвойте категорию.

Вспомним границы:

▪ Если Частота  $> 50$  и Интенс  $> 8$  → "Критическая ситуация"

▪ Если Частота  $\leq 50$  и Интенс  $> 8$  → "Высокоинтенсивные, но редкие выбросы"

▪ Если Частота  $> 50$  и Интенс  $\leq 8$  → "Систематическое, но умеренное загрязнение"

▪ Иначе → "Относительно благополучная зона" (можно уточнить формулировку).

○ Создайте вычисляемое поле *Категория* с использованием вложенных Иф:

*Категория*: Иф([Частота] $>50$  And [Интенс] $>8$ ; "Критическая ситуация"; Иф([Частота] $\leq 50$  And [Интенс] $>8$ ; "Высокоинтенсивные, но редкие выбросы"; Иф([Частота] $>50$  And [Интенс] $\leq 8$ ; "Систематическое, но умеренное загрязнение"; "Относительно благополучная зона"))

○ Сохраните запрос как 7\_1-итог.

#### 5. Визуализация в Excel.

○ Откройте Excel, создайте новую книгу.

○ На вкладке «Данные» выберите «Получить данные» → «Из базы данных» → «Из базы данных Microsoft Access».

○ Укажите путь к вашему файлу базы данных и выберите запрос 7\_1-итог. Загрузите данные как таблицу на лист.

○ Постройте точечную диаграмму: ось X – частота, ось Y – интенсивность. Для настройки цвета точек по категориям можно использовать разные подходы: либо создать отдельные ряды для каждой категории (отфильтровав данные), либо использовать стандартные средства Excel для форматирования точек по значению (например, с помощью дополнительного столбца с числовыми кодами категорий и последующей настройкой цвета). Проще всего создать отдельные ряды, но это потребует небольших манипуляций. Можно также в Excel добавить вычисляемый столбец с числовым кодом категории и затем настроить цвета вручную.

○ Подпишите точки названиями веществ (можно использовать надстройки или делать это вручную для ключевых точек).

○ Добавьте подписи осей, легенду.

**Интерпретация результатов:** на диаграмме выделяются зоны: правый верхний угол – «критическая ситуация» (высокая частота и высокая интенсивность), левый верхний – редкие, но сильные выбросы, правый нижний – частые, но незначительные превышения. Это позволяет визуально определить приоритетные пары «пост–вещество» для разработки природоохранных мероприятий.

---

### **Задание 7.2. Выявление уникальных пар «вещество–пост» с экстремальными превышениями**

**Задача:** вывести список уникальных комбинаций «Вещество – Пост», по которым хотя бы раз за весь период наблюдений было зафиксировано превышение ПДКсс более чем в 3 раза. Для каждой такой пары указать количество таких превышений и максимальную кратность превышения.

#### **Методический подход:**

1. Создадим запрос, который отбирает все записи с кратностью превышения > 3 (вычисляемое поле  $\text{Концентрация}/\text{ПДКсс} > 3$ ).

2. На его основе создадим группирующий запрос, который для каждой пары «пост–вещество» подсчитает количество таких записей и максимальную кратность.

#### **Последовательность действий:**

1. Запрос 7\_2-1 (отбор экстремальных превышений).

○ Создайте новый запрос на основе таблиц *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *Дата\_замера*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ Вычисляемое поле:

*Кратность*: [*Концентрация\_мг\_м3*] / [*ПДКсс\_мг\_м3*]

○ В условии отбора для *Кратность* укажите > 3.

○ Сохраните запрос как 7\_2-1.

2. *Итоговый запрос 7\_2-итог (подсчёт и максимум)*.

○ Создайте новый запрос на основе 7\_2-1.

○ Нажмите кнопку «Итоги».

○ Добавьте поля *Название\_поста* и *Название\_вещества* (Группировка).

○ Добавьте поле *Дата\_замера* (Count) – количество экстремальных превышений.

○ Добавьте поле *Кратность* (Max) – максимальная кратность среди этих превышений.

○ Сохраните запрос как 7\_2\_итог.

**Интерпретация результатов:** полученный список показывает, какие комбинации «пост–вещество» наиболее проблемны с точки зрения экстремально высоких концентраций. Это может указывать на специфические источники выбросов или аварийные ситуации. Такие пары требуют дополнительного изучения и, возможно, пересмотра режима работы предприятий. При необходимости результат можно экспортировать в Excel для построения дополнительных графиков или включения в отчёт.

---

## **Блок 8. Подготовка управленческой отчётности**

**Общий методический комментарий:** регулярная отчётность (ежеквартальная, годовая) является обязательной частью работы эколога. Формирование сводок для государственной статистики (форма 2-ТП (воздух)) требует умения быстро и точно агрегировать первичные данные. В реляционной базе данных такие отчёты строятся на основе запросов с группировкой по необходимым признакам (муниципалитетам, годам) и подсчётом уникальных событий (дней с превышениями). В данном блоке мы подготовим данные для формы 2-ТП, используя двухэтапную методику, аналогичную заданиям 2.3 и 2.4.

---

### **Задание 8.1. Формирование сводки для государственной статистики (форма 2-ТП (воздух))**

**Задача:** на основе данных мониторинга сформировать таблицу: «Количество дней с превышениями ПДКсс по муниципалитетам за каждый год наблюдений». День считается неблагоприятным, если хотя бы на одном посту

данного муниципалитета хотя бы по одному веществу зафиксировано превышение ПДКсс.

**Важно:** в муниципалитете может быть несколько постов. В отчётность по форме 2-ТП (воздух) требуется включать данные по тому посту, который зафиксировал наибольшее количество дней с превышениями в данном муниципалитете за год. Таким образом, итоговое значение для муниципалитета – это максимум из количества дней по всем его постам.

***Методический подход:***

1. Создадим запрос, который для каждого поста, года и даты отбирает уникальные дни с превышениями (аналогично заданию 2.3) и добавляет информацию о муниципалитете.

2. На основе этого запроса сгруппируем данные по постам, муниципалитетам и годам, подсчитав количество дней с превышениями для каждого поста.

3. Затем для каждого муниципалитета и года выберем максимальное значение среди всех его постов – это и будет искомым показателем.

***Последовательность действий:***

1. Запрос *8\_1-1 (уникальные даты с превышениями с привязкой к муниципалитету)*.

○ Создайте новый запрос в конструкторе, добавьте таблицы *Измерения, Посты, Вещества, Муниципалитеты*.

▪ Добавьте поля: *Название\_муниципалитета, Название\_поста, Год: Year([Дата\_замера]), Дата\_замера*

○ В условии отбора для поля *Концентрация\_мг\_м3* (не выводится) укажите *> [ПДКсс\_мг\_м3]*.

○ Включите группировку (кнопка «Итоги»), чтобы получить уникальные комбинации муниципалитета, поста, года и даты. Для всех четырёх полей установите *Группировка*.

○ Сохраните запрос как *8\_1-1*.

2. Запрос *8\_1-2 (количество дней с превышениями по каждому посту и году)*.

○ Создайте новый запрос на основе *8\_1-1*.

○ Нажмите кнопку «Итоги».

○ Добавьте поля: *Название\_муниципалитета* (Группировка), *Название\_поста* (Группировка), *Год* (Группировка).

○ Добавьте поле *Дата\_замера* (Count) – это количество дней с превышениями для данного поста в данном году.

○ Сохраните запрос как *8\_1-2*.

3. *Итоговый запрос 8\_1-3 (максимальное количество дней по муниципалитету и году)*.

- Создайте новый запрос на основе  $\delta_{1-2}$ .
- Нажмите кнопку «Итоги».
- Добавьте поля: *Название\_муниципалитета* (Группировка), *Год* (Группировка).
- Добавьте поле *Count-Дата\_замера* (Max) – это и есть искомое значение.
- Оформите результат в виде перекрёстной таблицы (муниципалитеты в строках, годы в столбцах).
- Сохраните запрос как  $\delta_{1-итог}$ .

**Интерпретация результатов:** полученная таблица содержит для каждого муниципалитета и года число дней с превышениями ПДКсс, соответствующее посту с наихудшей ситуацией. Эти данные используются для заполнения государственной отчётности (форма 2-ТП (воздух)) и для планирования природоохранных мероприятий на муниципальном уровне. Муниципалитеты с наибольшими значениями требуют первоочередного внимания.

## **Блок 9. Санитарно-гигиеническая оценка и риски**

### **Общий методический комментарий:**

Оценка риска здоровью населения является одной из ключевых задач при анализе качества атмосферного воздуха. Коэффициент опасности ( $HQ$ ) и индекс опасности ( $HI$ ) позволяют количественно оценить вероятность неканцерогенных эффектов. Расчёты выполняются на основе референтных концентраций ( $RfC$ ) из таблицы Вещества. В Access эти показатели вычисляются с помощью запросов с группировкой и вычисляемыми полями.

### **Задание 9.1. Расчёт коэффициента опасности ( $HQ$ ) для хронического воздействия**

**Задача:** оценить неканцерогенный риск для здоровья населения при хроническом ингаляционном воздействии. Рассчитать  $HQ$  для каждого вещества на каждом посту за весь период наблюдений (2020–2025 гг.). Выявить вещества и посты, где  $HQ > 1$  (неприемлемый риск).

#### **Методический подход:**

1. Сначала создадим запрос, который вычисляет средние концентрации каждого вещества на каждом посту за весь период.
2. Затем на его основе создадим запрос, вычисляющий  $HQ$  как отношение средней концентрации к референтной концентрации ( $RfC$ ). Для этого добавим поле  $RfC$  из таблицы Вещества.
3. В этом же запросе можно оставить только записи с  $HQ > 1$  (условие отбора) или создать отдельный запрос для выявления неприемлемого риска.

### **Последовательность действий:**

1. Запрос 9\_1-1 (средние концентрации по постам и веществам за весь период).

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *RfC\_мг\_м3*.

○ Добавьте поле *СрКонц*: [*Концентрация\_мг\_м3*].

○ Включите группировку: для полей названий и *RfC* – Группировка, для *СрКонц* – Avg.

○ Сохраните запрос как 9\_1-1.

2. Итоговый запрос 9\_1-2 (расчёт *HQ* и отбор записей с  $HQ > 1$ ).

○ Создайте новый запрос на основе 9\_1-1.

○ Добавьте все поля из базового запроса.

○ Вычисляемое поле: *HQ*: [*СрКонц*] / [*RfC\_мг\_м3*].

○ В условии отбора для поля *HQ* укажите  $>1$ .

○ Сохраните запрос как 9\_1-итог.

**Интерпретация результатов:** запрос возвращает список пар «пост – вещество», для которых коэффициент опасности превышает 1, что соответствует неприемлемому риску для здоровья. Эти вещества требуют первоочередных мер по снижению выбросов. Значения *HQ* можно также рассчитать для всех пар и использовать для ранжирования.

---

## **Задание 9.2. Расчёт индекса опасности (НИ) для комбинированного воздействия**

**Задача:** оценить суммарный риск при одновременном поступлении нескольких веществ, влияющих на органы дыхания. Рассчитать индекс опасности НИ для каждого поста как сумму *HQ* веществ, относящихся к группе «Органы дыхания».

### **Методический подход:**

1. Используем запрос 9\_1-1 (средние концентрации и *RfC*) или аналогичный, но с привязкой к органам-мишеням через таблицу *Связь\_Вещества\_Органы*.

2. Для каждого вещества, связанного с органами дыхания, вычислим *HQ*.

3. Сгруппируем по постам и просуммируем *HQ* для получения *НИ*.

### **Последовательность действий:**

1. Запрос 9\_2-1 (средние концентрации для веществ, влияющих на органы дыхания).

○ Создайте запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*, *Связь\_Вещества\_Органы*, *Органы\_мишени*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Название\_вещества*, *RfC\_мг\_м3*.

- Добавьте поле *СрКонц*:  $Avg([Концентрация\_мг\_м3])$ .
- Включите группировку.
- В условии отбора для *Название\_органа* укажите *like* *"\*органы дыхания\*"* (для частичного соответствия).

- Сохраните как 9\_2-1.

2. Запрос 9\_2-2 (расчёт *HQ* и суммирование по постам).

- На основе 9\_2-1 создайте новый запрос.
- Нажмите кнопку «Итоги».
- Добавьте поле *Название\_поста* (Группировка).
- Добавьте вычисляемое поле *HQ*:  $[СрКонц] / [RfC\_мг\_м3]$  (Sum).

Полученная сумма – это индекс опасности *HI* для органов дыхания на каждом посту.

- Сохраните запрос как 9\_2-итог.

**Интерпретация результатов:** индекс опасности  $HI > 1$  указывает на неприемлемый комбинированный риск для здоровья. Полученные значения позволяют ранжировать посты по степени опасности и разрабатывать комплексные меры снижения выбросов, ориентируясь на вещества, дающие наибольший вклад в *HI*.

### **Блок 10. Источниковедческий анализ (факторный подход)**

**Общий методический комментарий:** выявление вероятных источников загрязнения основывается на анализе маркерных соотношений веществ, характерных для разных типов источников (автотранспорт, теплоэнергетика, промышленность). В этом блоке мы используем среднегодовые концентрации для расчёта соотношений  $NO_2/SO_2$  и  $CO/NO_2$ , а затем классифицируем посты по доминирующему типу источника. Также выполним поиск аномальных пиков (залповых выбросов), когда одновременно несколько веществ превышают пороговые значения.

#### **Задание 10.1. Идентификация доминирующих типов источников по маркерным соотношениям**

**Задача:** для каждого поста наблюдения определить, какой тип источников (автотранспорт, стационарные источники сжигания, промышленность) вносит наибольший вклад в загрязнение воздуха. Использовать характерные соотношения концентраций веществ-маркеров:  $NO_2/SO_2$  и  $CO/NO_2$ . Классификацию выполнить по матрице, приведённой в теме 1 (таблица 3). Анализ провести в динамике по годам.

#### **Методический подход:**

1. Создадим перекрёстный запрос, который для каждого поста и каждого года вычисляет среднегодовые концентрации  $NO_2$ ,  $SO_2$  и  $CO$ .

2. На основе этого запроса построим новый запрос, вычисляющий соотношения  $R_1 = NO_2/SO_2$  и  $R_2 = CO/NO_2$ .

3. С помощью вложенных функций *If* (или *Switch*) присвоим каждому году и посту категорию источника согласно матрице идентификации.

4. При необходимости можно представить результат в виде таблицы или экспортировать в Excel для построения графиков динамики типов источников.

#### **Последовательность действий:**

1. *Перекрёстный запрос 10\_1-1 (средние концентрации NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO по постам и годам).*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

▪ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Год*: *Year([Дата\_замера])*, *Название\_вещества*, *Концентрация\_мг\_м3*.

○ Задайте условие отбора для поля *Название\_вещества* ("Азота диоксид", "Серы диоксид", "Углерода оксид").

○ На панели инструментов выберите тип «*Перекрёстный*».

○ В бланке перекрёстного запроса:

▪ Поле *Название\_поста* – заголовки строк.

▪ Поле *Год* – заголовки строк.

▪ Поле *Название\_вещества* – заголовки столбцов.

▪ Поле *Концентрация\_мг\_м3* – значения.

○ Сохраните запрос как *10\_1-1*.

2. Создайте новый запрос, добавьте запроса *10\_1-1*.

▪ Добавьте поля: *Название\_поста*, *Год*.

▪ Вычислите:

$$R1: [NO2] / [SO2]$$

(дополнительно можно обработать деление на ноль через

$$If([SO2]=0; Null; [NO2]/[SO2])).$$

$$R2: [CO] / [NO2] \text{ (аналогично).}$$

▪ Затем с помощью вложенных *If* присвойте категорию источника согласно матрице (таблица 3). Пример логики:

*ТипИсточника: If([R1]<2 And [R2]<2; "Промышленность/ТЭЦ";*

*If([R1]>=5 And [R2]<2; "Прогретый автотранспорт";*

*If([R1]>=2 And [R1]<5 And [R2]>=2 And [R2]<5; "Смешанный тип";...)))*

▪ Сохраните запрос как *10\_1-итог*.

**Интерпретация результатов:** полученная таблица показывает, какой тип источников предположительно доминирует на каждом посту в каждый год. Это позволяет отслеживать изменения в структуре загрязнения (например, снижение доли автотранспорта при введении экологических стандартов или увеличение вклада отопления в зимние периоды). При необходимости

результаты можно экспортировать в Excel для построения графиков динамики по каждому посту.

---

### ***Задание 10.2. Выявление аномальных пиков («залповых выбросов»)***

**Задача:** обнаружить даты и посты, когда одновременно по двум и более веществам фиксировались аномально высокие концентрации (превышающие 3-кратную среднегодовую норму для каждого вещества). Такие события могут свидетельствовать о залповых выбросах или нештатных ситуациях.

#### ***Методический подход:***

1. Сначала создадим запрос, который вычисляет среднегодовые концентрации каждого вещества на каждом посту (за каждый год). Это необходимо для определения порога ( $3 * \text{среднегодовая}$ ).

2. Затем создадим запрос, который для каждой записи (измерения) вычисляет пороговое значение (подтягивая среднегодовую из первого запроса) и проверяет, превышает ли концентрация этот порог, формируя признак «аномалия» (0 или 1).

3. Далее сгруппируем записи по дате и посту, подсчитаем количество аномалий (сумму признаков) и оставим только те дни, где это количество  $\geq 2$ .

4. Для каждой такой даты и поста можно дополнительно вывести список веществ с аномалиями (это потребует ещё одного запроса).

#### ***Последовательность действий:***

1. *Запрос 10\_2-1 (среднегодовые концентрации каждого вещества).*

○ Создайте запрос на основе таблиц *Измерения, Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_вещества, Год: Year([Дата\_замера]),*

*СрКонц: Avg([Концентрация\_мг\_м3]).*

○ Включите группировку.

○ Сохраните как *10\_2-1*.

2. *Запрос 10\_2-2 (список измерений с выявлением аномалий).*

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения, Посты, Вещества, запрос 10\_2-1*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста, Название\_вещества, Дата\_измерения, Концентрация\_мг\_м3, Year([Дата\_замера]).*

○ Включите группировку (групповая операция «Группировка» по всем полям.

○ По году задайте условие отбора  $=[\text{Запрос\_10\_2-1}].[\text{Год}]$ .

○ Добавьте вычисляемое поле *Признак: If([Концентрация\_мг\_м3] > 3 \* [СрКонц]; 1; 0).*

○ Сохраните запрос как *10\_2-2*.

3. *Запрос 10\_2-3 (подсчёт количества аномалий по дате и посту).*

○ Создайте новый запрос на основе *10\_2-2*.

- Нажмите кнопку «Итоги».
- Добавьте поля: *Название\_поста* (Группировка), *Год* (Группировка), *Дата\_замера* (Группировка).
- Добавьте поле *Признак* (Sum) – это будет количество аномальных веществ в этот день на этом посту.
- В условии отбора для *Sum-Признак* укажите  $\geq 2$ .
- Сохраните запрос как *10\_2-итог*.

**Интерпретация результатов:** запрос *10\_2-итог* возвращает даты и посты, где наблюдалось одновременное аномальное превышение по двум и более веществам. Это потенциальные индикаторы залповых выбросов или нештатных ситуаций. Такие события требуют детального анализа: проверки режима работы предприятий в эти даты, метеоусловий и т.д. Раннее обнаружение помогает предотвратить повторение аварий.

## **Блок 11. Построение оценочных шкал**

**Общий методический комментарий:** для территорий, где федеральные нормативы (ПДК) могут быть недостаточно дифференцированы или отсутствовать, разрабатываются региональные оценочные шкалы. Они позволяют ранжировать участки по степени экологического неблагополучия на основе статистического распределения наблюдаемых показателей. Один из распространённых методов – построение шкалы с использованием сигмальных отклонений ( $\text{среднее} \pm \sigma$ ). В Access такие задачи решаются с помощью подзапросов для вычисления статистических параметров и функции *If* (или *Switch*) для присвоения категорий.

### **Задание 11.1. Построение пятиуровневой шкалы загрязнения (метод сигмальных отклонений)**

**Задача:** для диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) разработать региональную оценочную шкалу, позволяющую классифицировать посты наблюдения по пяти уровням: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий. Использовать метод сигмальных отклонений на основе многолетних средних концентраций по всем постам.

#### **Методический подход:**

1. Сначала создадим запрос, который вычисляет средние концентрации  $\text{NO}_2$  на каждом посту за весь период наблюдений.
2. Затем создадим запрос, который вычисляет общее среднее ( $\bar{X}$ ) и стандартное отклонение ( $\sigma$ ) по этим средним концентрациям.
3. В итоговом запросе, объединяющем результаты первых двух, определим границы уровней и с помощью вложенных *If* присвоим каждому посту соответствующую категорию.

### **Последовательность действий:**

1. Запрос *11\_1-1* (средние концентрации  $NO_2$  по постам за весь период).

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля: *Название\_поста*.

○ Добавьте поле *СрКонц*:  $Avg([Концентрация\_мг\_м3])$ .

○ Включите группировку.

○ В условии отбора для *Название\_вещества* укажите "Азота диоксид".

○ Сохраните запрос как *11\_1-1*.

2. Запрос *11\_1-2* (вычисление общего среднего и стандартного отклонения).

○ Создайте новый запрос на основе *11\_1-1*.

○ Нажмите кнопку «Итоги».

○ Добавьте поле *СрКонц* дважды:

▪ Для первого вхождения в строке «Групповая операция» выберите *Avg* – это будет *Хср*.

▪ Для второго вхождения выберите *StDev* – это будет  $\sigma$ .

○ Сохраните запрос как *11\_1-2*.

3. **Итоговый запрос *11\_1-итог*** (присвоение категорий постам).

○ Создайте новый запрос, добавьте запросы *11\_1-1* и *11\_1-2*. Связи между ними не требуется, так как статистика – единичные значения.

○ Добавьте поля из *11\_1-1*: *Название\_поста*, *СрКонц*.

○ Добавьте поля из *11\_1-2*: *Avg-СрКонц* и *StDev-СрКонц* (имена могут отличаться).

○ Вычислим границы уровней. Можно создать отдельные выражения, но проще сразу использовать их в условии. Создайте вычисляемое поле *Категория*:

*Категория*:  $IIf([СрКонц] < [Avg-СрКонц] - [StDev-СрКонц]; "низкий";$

$IIf([СрКонц] \geq [Avg-СрКонц] - [StDev-СрКонц] \text{ And } [СрКонц] < [Avg-СрКонц] - 0.5*[StDev-СрКонц]; "ниже среднего";$

$IIf([СрКонц] \geq [Avg-СрКонц] - 0.5*[StDev-СрКонц] \text{ And } [СрКонц] \leq [Avg-СрКонц] + 0.5*[StDev-СрКонц]; "средний";$

$IIf([СрКонц] > [Avg-СрКонц] + 0.5*[StDev-СрКонц] \text{ And } [СрКонц] \leq [Avg-СрКонц] + [StDev-СрКонц]; "выше среднего";$

$IIf([СрКонц] > [Avg-СрКонц] + [StDev-СрКонц]; "высокий"; ""))))$

○ Запустите запрос. Вы получите список постов с их средними концентрациями и присвоенными категориями.

○ Сохраните запрос как *11\_1-итог*.

**Интерпретация результатов:** разработанная шкала позволяет ранжировать посты по степени загрязнения относительно регионального фона.

Посты с категориями «выше среднего» и «высокий» требуют первоочередного внимания, даже если формально ПДК не превышаются. Такая классификация более чувствительна к местным особенностям, чем федеральные нормативы.

---

**Задание 11.2. Классификация постов по интегральному показателю (на основе ИЗА)**

**Задача:** используя значения ИЗА, рассчитанные в задании 4.1 для каждого года, построить динамическую классификацию постов по пятиуровневой шкале (метод сигмальных отклонений) для каждого года отдельно. Оценить, как меняется категория каждого поста во времени.

**Методический подход:**

1. Сначала сформируем таблицу для расчета ИЗА (наподобие задания 4.1).

2. Для каждого года вычислить  $X_{ср}$  и  $\sigma$  по значениям ИЗА всех постов за этот год, затем присвоить категории.

**Последовательность действий:**

1. *Создание запроса для получения исходных данных для расчета ИЗА.*

○ Создайте новый запрос на основе таблиц *Вещества*, *Измерения*, *Посты*.

○ Добавьте поля

▪ Год: Year([Дата\_замера])

▪ Название\_поста

▪ Название\_вещества

▪ ПДКсс\_мг\_м3

▪ Ci\_ИЗА

▪ СрКонц: Avg([Концентрация\_мг\_м3])

○ Включите групповые операции.

○ Сохраните запрос как *11\_2-1*.

2. *Создание запроса для расчета ИЗА по постам и годам.*

○ Создайте новый запрос на основе *11\_2-1*.

○ Добавьте поля: *Год*, *Название\_поста*.

○ Добавьте вычисляемое поле:

$$\text{ИЗА: } ([\text{СрКонц}]/[\text{ПДКсс\_мг\_м3}])^{[\text{Ci\_ИЗА}]}$$

○ Включите групповые операции (для поля *ИЗА* - Sum).

○ Сохраните как *11\_2-2*.

3. *Создание запроса для расчета статистик.*

○ Создайте новый запрос на основе запроса *11\_2-2*.

○ Добавьте поля: *Год*, *Ср\_ИЗА: ИЗА*, *СтОткл\_ИЗА: ИЗА*.

○ Включите групповые операции, рассчитав среднее и стандартное отклонение ИЗА для каждого года.

- Сохраните запрос как *11\_2-3*.

#### 4. *Итоговый запрос динамики категорий.*

○ Создайте новый запрос на основе запросов *11\_2-2* и *11\_2-3*, связав их по полю *Год*.

- Измените тип запроса на перекрестный.

○ Добавьте поля *Название\_поста* (заголовки строк), *Год* (заголовки столбцов).

- Добавьте вычисляемое поле для определения категории:

*Категория: If([ИЗА]<[Ср\_ИЗА]-[СтОткл\_ИЗА];"низкий";  
If([ИЗА]<[Ср\_ИЗА]-0,5\*[СтОткл\_ИЗА];"ниже среднего"; ...))*

- Для поля *Категория* задайте групповую операцию *First* (значение).

**Интерпретация результатов:** анализ динамики категорий позволяет выявить посты, ситуация на которых систематически ухудшается (переход в более высокие категории) или улучшается (переход в более низкие). Это даёт возможность оценить эффективность природоохранных мероприятий и своевременно реагировать на негативные тенденции.

## **Блок 12. Прогнозное моделирование и интегральная аттестация**

**Общий методический комментарий:** прогнозирование качества воздуха и комплексная оценка территории являются завершающими этапами анализа. В Access нет встроенных средств построения трендов, поэтому для прогнозирования мы будем экспортировать данные в Excel и использовать его инструменты регрессионного анализа с динамическим подключением к базе данных. Для интегральной оценки территории (ранжирование муниципалитетов) мы создадим серию запросов, собирающих различные показатели, выполним их нормировку и расчёт итогового индекса средствами Access.

### **Задание 12.1. Прогноз концентраций методом линейной регрессии (на примере формальдегида)**

**Задача:** на основе многолетних данных (2020–2025 гг.) спрогнозировать среднегодовую концентрацию диоксида азота на посту «Гурьевск» на 2026 год. Оценить доверительный интервал прогноза. Визуализацию выполнить в Excel с динамическим подключением к данным.

#### **Методический подход:**

1. Создадим запрос, который вычисляет среднегодовые концентрации формальдегида на заданном посту за каждый год.

2. В Excel настроим подключение к этому запросу, построим точечную диаграмму, добавим линию тренда и получим уравнение регрессии и прогнозное значение.

3. Использование динамического подключения обеспечит автоматическое обновление прогноза при добавлении новых данных в базу.

**Последовательность действий:**

1. Запрос 12 (среднегодовые концентрации формальдегида на посту «Гурьевск»).

○ Создайте новый запрос, добавьте таблицы *Измерения*, *Посты*, *Вещества*.

○ Добавьте поля:

▪ Год: Year([Дата\_замера])

▪ СрКонц: Avg([Концентрация\_мг\_м3])

○ Включите группировку: для *Год* – Группировка, для *СрКонц* – Avg.

○ В условии отбора для *Название\_поста* укажите "Гурьевск".

○ В условии отбора для *Название\_вещества* укажите "Азота диоксид".

○ Добавьте сортировку по году (по возрастанию).

○ Сохраните запрос как 12.

2. Подключение данных в Excel и построение прогноза.

○ Откройте Excel, создайте новую книгу.

○ На вкладке «Данные» выберите «Получить данные» → «Из базы данных» → «Из базы данных Microsoft Access».

○ Укажите путь к вашему файлу базы данных и выберите запрос 12. Загрузите данные как таблицу.

○ Постройте точечную диаграмму: выделите два столбца (год и концентрация), вставьте точечную диаграмму с маркерами.

○ Добавьте линию тренда (линейную), отобразите уравнение и коэффициент достоверности  $R^2$ .

○ Для прогноза на 2026 год можно использовать уравнение тренда, подставив в него значение 2026. Либо использовать функцию ПРЕДСКАЗ в Excel на основе исходных данных.

○ Для оценки точности можно рассчитать стандартную ошибку регрессии (функция СТОШУХ) и построить доверительный интервал (например, прогноз  $\pm 2$ \*стандартная ошибка).

**Интерпретация результатов:** уравнение тренда и  $R^2$  показывают направление и устойчивость изменений. Положительный коэффициент при  $x$  указывает на рост концентраций. Прогнозное значение позволяет оценить возможную ситуацию в будущем и заблаговременно планировать природоохранные мероприятия. Благодаря динамическому подключению, при добавлении данных за 2026 год (или уточнении старых) достаточно обновить подключение в Excel, и прогноз перестроится автоматически.

## ***Задание 12.2. Комплексная оценка качества воздуха (интегральный индекс территории)***

**Задача:** разработать интегральный индекс для ранжирования муниципальных образований по степени экологического неблагополучия за 2024 год. Индекс должен объединять следующие показатели, рассчитанные на уровне муниципалитетов:

- средний ИЗА по всем постам, расположенным в данном муниципалитете;
- доля дней с превышениями ПДКсс (отношение количества дней с превышениями к общему числу дней наблюдений в муниципалитете);
- максимальная кратность превышения ПДКмр, зафиксированная на любом посту муниципалитета;
- среднее значение коэффициента опасности HQ по всем измерениям в муниципалитете.

### ***Методический подход:***

1. Последовательно создадим запросы для расчёта каждого из четырёх показателей на уровне муниципалитетов.
2. Соберём все показатели в единую таблицу.
3. Выполним нормировку показателей (приведение к шкале 0–1) по формуле:  $(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ .
4. Рассчитаем интегральный индекс как среднее арифметическое нормированных показателей (или взвешенную сумму, если веса заданы).
5. Отсортируем муниципалитеты по убыванию индекса.

### ***Последовательность действий:***

1. **Показатель 1: средний ИЗА по муниципалитету.**
  - Используем запрос *4\_1-итог* (ИЗА по постам за 2024 год). Если такого нет, создайте его по методике задания 4.1.
  - Создайте запрос *12\_2-1*, добавив запрос *4\_1-итог* и таблицу *Посты* (для связи по названию поста), а через *Посты* – таблицу *Муниципалитеты*.
  - Добавьте поля: *Название\_муниципалитета, ИЗА*.
  - Включите группировку: для муниципалитета – Группировка, для ИЗА – Avg. Получите средний ИЗА по муниципалитету.
  - Сохраните запрос как *12\_2-1*.
2. **Показатель 2: доля дней с превышениями ПДКсс.**
  - Нужно рассчитать: *Доля = (Дни с превышениями в муниципалитете) / (Общее число дней наблюдений в муниципалитете)*.
  - *Общее число дней наблюдений:* создадим запрос, аналогичный заданию 2.1, но с группировкой по муниципалитетам (за 2024 год).

○ *Дни с превышениями*: используем запрос *8\_1-итог* (или создадим аналогичный), где уже есть количество дней с превышениями по муниципалитетам за 2024 год.

○ Затем создадим запрос, объединяющий два предыдущих по муниципалитету, и вычислим: *Доля: [ДниПревыш] / [ОбщиеДни]*.

○ Сохраним результат в запрос *12\_2-2-итог*.

3. *Показатель 3: максимальная кратность превышения ПДК<sub>мр</sub>*.

○ Создадим запрос, который для каждого муниципалитета находит максимальное значение кратности *Концентрация/ПДК<sub>мр</sub>* за 2024 год.

○ Сохраните как *12\_2-3*.

4. *Показатель 4: средний НQ по муниципалитету*.

○ Используем запрос *9\_1-1*. Добавим к нему информацию о муниципалитете (через *Посты* и *Муниципалитеты*).

○ Используя вычисляемое поле, рассчитаем *НQ*.

○ Добавим группировку по муниципалитету и *Avg* для *НQ*.

○ Сохраните запрос как *12\_2-4*.

5. *Сбор всех показателей в единую таблицу*.

○ Создадим новый запрос и последовательно добавим запросы *12\_2-1*, *12\_2-2-итог*, *12\_2-3*, *12\_2-4* с левыми соединениями по полю *Название\_муниципалитета* (чтобы не потерять муниципалитеты, по которым нет какого-либо показателя).

○ Добавим поля: *Название\_муниципалитета*, *СрИЗА*, *Доля*, *МаксКратность*, *СрНQ*.

○ Сохраним запрос как *12\_2-5*.

6. *Нормировка показателей и расчёт индекса*.

○ Для нормировки нужно знать минимум и максимум каждого показателя. Для этого воспользуемся функциями по подмножеству *DMin* и *DMax*, вычисляющие *Min* и *Max*.

○ Для показателя ИЗА проводим нормировку по формуле:

$$\text{НормИЗА: } ([\text{СрИЗА}] - \text{DMin}("[\text{СрИЗА}]", "[\text{Запрос\_12\_2-5}]")) / (\text{DMax}("[\text{СрИЗА}]", "[\text{Запрос\_12\_2-5}]") - \text{DMin}("[\text{СрИЗА}]", "[\text{Запрос\_12\_2-5}]"))$$

○ По аналогии нормируем остальные показатели.

○ Вычислим интегральный индекс как среднее нормированных показателей (при равных весах):

$$\text{Интегральный Индекс: } ([\text{НормИЗА}] + [\text{НормДоля}] + [\text{НормМаксКратность}] + [\text{НормСрНQ}]) / 4$$

○ При необходимости можно учесть весовые коэффициенты, умножив каждый нормированный показатель на соответствующий вес.

○ Сохраним запрос как *12\_2-итог*.

7. *Визуализация*.

○ Экспортируйте результаты запроса *12\_2-итог* в Excel (через подключение) и постройте столбчатую диаграмму, отображающую значения интегрального индекса для каждого муниципалитета.

○ Для наглядности можно отсортировать муниципалитеты по убыванию индекса и использовать цветное выделение.

**Интерпретация результатов:** интегральный индекс позволяет комплексно оценить экологическую ситуацию в муниципалитетах, учитывая различные аспекты загрязнения. Муниципалитеты с наибольшими значениями индекса являются приоритетными для проведения природоохранных мероприятий и распределения средств экологических фондов. Динамическое подключение к базе данных позволяет легко пересчитывать индекс при обновлении исходных данных.

### **Результат работы:**

По итогам выполнения всех заданий темы 2 «Организация хранения и анализа экологической информации средствами СУБД (MS Access)» студент предоставляет файл базы данных MS Access Экомониторинг.accdb, содержащий следующие обязательные элементы:

1. *Таблицы* (с корректно заданными типами данных, первичными ключами, индексами уникальности и свойствами полей):

- Муниципалитеты
- Типы\_местности
- Классы\_опасности
- Органы\_мишени
- Посты
- Вещества
- Связь\_Вещества\_Органы
- Измерения

2. *Схема данных:* все таблицы связаны корректными отношениями «один-ко-многим» (или «многие-ко-многим» через промежуточную таблицу) с обеспечением целостности данных.

3. *Заполненные данными таблицы* (импортированы из Excel с использованием сводных таблиц; поля подстановки отображают текстовые названия).

4. *Запросы* (перечислены с указанием имён и типов; все запросы должны быть работоспособны и давать корректные результаты).

5. *Формы и отчёты* (минимум один пример):

○ Форма\_ввода\_измерений (простая форма для добавления записей в таблицу Измерения с использованием полей подстановки)

○ Отчёт\_по\_превышениям (отчёт, основанный на запросе 2\_3-итог или аналогичном)

6. *Текстовые выводы* (в отдельном файле или в комментариях к базе данных): не менее 10–15 развёрнутых выводов по результатам анализа с использованием числовых значений и профессиональной интерпретацией (например, «В 2024 году на посту "Промышленный" выявлено 45 дней с превышениями ПДКсс по диоксиду азота, что на 30% выше, чем в 2023 году; это требует внеплановой проверки источников выбросов»).

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. В чём преимущества хранения данных в реляционной базе данных (Access) перед хранением в плоской таблице Excel? Какие проблемы нормализации решает база данных?

2. Объясните разницу между первичным ключом и внешним ключом. Приведите примеры из созданной вами базы данных.

3. Зачем при создании таблицы «Измерения» использовался «Мастер подстановок» для полей «Пост» и «Вещество»? Какие проблемы решает этот подход?

4. Какие типы связей между таблицами существуют? Какой тип связи реализован между таблицами «Муниципалитеты» и «Посты» и почему?

5. Опишите алгоритм создания запроса для подсчёта количества уникальных дней наблюдений по каждому посту и году (задание 2.1). Почему нельзя просто подсчитать количество строк?

6. Как в запросе выделить год из даты? Какие ещё функции для работы с датами вы использовали?

7. Чем отличаются обычный запрос на выборку от параметрического запроса? Приведите пример профессиональной задачи, где удобно использовать параметрический запрос.

8. Для чего нужны перекрёстные запросы? Чем они аналогичны сводным таблицам Excel? Приведите пример из выполненной работы.

9. Как с помощью запроса отобразить уникальные пары «пост – дата»? Какие способы вы знаете?

10. Каким образом в Access можно вычислить общее среднее и стандартное отклонение по набору данных? Приведите пример из задания 3.1.

11. Объясните синтаксис и назначение функции Pf в Access. Как с её помощью присвоить категории (низкий/средний/высокий) непрерывным значениям?

12. Какие функции используются для определения сезона по номеру месяца? Чем Switch удобнее вложенных Pf?

13. В чём заключается принцип работы функции DCount? Как с её помощью можно отобрать ТОП-3 вещества для каждого поста (задание 5.1)?

14. Для чего в задании 5.2 использовалось свойство «Вернуть»? В каких ещё случаях оно может быть полезно?

15. Как рассчитать коэффициент опасности (HQ) и интерпретировать его значение? При каких значениях риск считается неприемлемым?

16. Какие маркерные соотношения веществ используются для идентификации типов источников загрязнения? Что означают высокие и низкие значения  $\text{NO}_2/\text{SO}_2$  и  $\text{CO}/\text{NO}_2$ ?

17. Как в Access можно обнаружить даты с аномальными пиками концентраций (задание 10.2)? Опишите логику использования пороговых значений и подсчёта числа веществ, превысивших порог.

18. В чём суть метода сигмальных отклонений для построения региональных оценочных шкал? Как определяются границы пяти уровней?

19. Как в Access можно выполнить нормировку показателей (приведение к шкале 0–1) для расчёта интегрального индекса? Какие функции для нахождения минимума и максимума можно использовать?

20. Опишите последовательность действий для построения динамического подключения из Excel к запросу Access. Какие преимущества даёт такое подключение?

21. Какие ошибки могут возникнуть при импорте данных из Excel в Access, если не соблюдать порядок полей или типы данных? Как их избежать?

22. Почему в нормализованной базе данных появилась таблица «Связь\_Вещества\_Органы»? Какую роль она выполняет?

23. Что произойдёт, если в таблице «Измерения» попытаться вставить значение в поле «Пост», которого нет в таблице «Посты»? Как Access предотвращает такие ошибки?

24. Как экспортировать результаты запроса в Excel для построения графика и настроить автоматическое обновление данных?

25. В каких случаях для агрегации данных удобнее использовать Access, а в каких – сводные таблицы Excel? Сравните оба подхода.

### **Тема 3. Прикладной пространственный анализ экологических данных в QGIS**

**Цель:** сформировать навыки применения геоинформационной системы QGIS для пространственной привязки данных мониторинга, моделирования зон антропогенного воздействия (буферный анализ), построения полей загрязнения (интерполяция) и создания комплексных картографических моделей для оценки

экологического состояния территории и поддержки принятия управленческих решений.

### **Задачи:**

1. Освоить методы интеграции табличных данных (из Excel/Access) с пространственными данными в QGIS путем геокодирования по координатам.

2. Научиться работать с системой координат, настраивать отображение слоев (полигоны, линии, точки) и создавать подоснову для анализа (OpenStreetMap).

3. Овладеть инструментами буферного анализа для моделирования зон воздействия (санитарно-защитные зоны) и оценки попадания в них чувствительных реципиентов (жилая застройка).

4. Освоить методологию пространственной интерполяции (IDW, TIN, Kriging) для преобразования дискретных данных постов наблюдения в непрерывные поля загрязнения и выявления «горячих точек».

5. Научиться выполнять оверлейные операции (наложение слоев) для интегральной оценки территории (например, зоны риска для здоровья).

6. Сформировать навыки создания картографической композиции (сетка, легенда, масштаб, условные знаки) для оформления итогового аналитического отчета.

### **Необходимое программное обеспечение и материалы:**

- Геоинформационная система QGIS (версия 3.40 или новее, LTR-версия) с установленными плагинами (*QuickMapServices* - опционально).

- Файл MS Excel «*Данные\_для\_анализа.xlsx*» (лист «*Справочник\_постов*» с координатами).

- Результаты аналитических расчетов из темы 1 или 2 (например, значения ИЗА, среднегодовые концентрации по постам, категории риска).

- Векторные слои для территории: границы муниципалитетов (административное деление), жилая застройка (здания/населенные пункты), гидрография, особо охраняемые природные территории (ООПТ). Данные можно получить с помощью плагина *QuickMapServices* (OSM) или скачать с открытых источников.

### **Ход практической работы:**

#### **Блок 1. Подготовка пространственной основы и импорт данных**

**Общий методический комментарий:** в теме 1 мы работали с таблицами, содержащими координаты постов, но не видели их пространственного расположения. Цель этого блока – перенести наши данные на карту, настроить корректное отображение и добавить необходимые векторные слои для последующего анализа. Важно научиться различать системы координат и понимать, как некорректный выбор проекции может исказить результаты измерений (например, площадей или расстояний).

---

### **Задание 1.1. Подключение подложки и настройка системы координат**

**Задача:** создать новый проект QGIS, настроить систему координат (проекцию) для корректного измерения расстояний и площадей на территории Калининградской области. Рекомендуется использовать местную систему координат на основе *GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E (EPSG:21004)*, которая является равноугольной, но обеспечивает минимальные искажения линейных и площадных величин (сравнимые с равновеликими проекциями) для нашей территории. Подключить картографическую подложку (*OpenStreetMap*) для визуальной ориентации.

**Методический подход:** при работе с ГИС критически важно с самого начала задать правильную систему координат проекта. Для территории Калининградской области оптимальной является зональная проекция Гаусса-Крюгера (меридиан  $21^{\circ}$  в.д.) в системе координат *ГСК-2011 (EPSG:21004)*. Эта проекция используется в государственных кадастровых и топографических работах, поэтому результаты анализа будут согласованы с официальными данными. Подложка *OpenStreetMap* позволит легко идентифицировать населённые пункты, дороги и другие объекты, что облегчит ориентацию и последующую проверку результатов.

#### **Последовательность действий:**

1. Запустите QGIS. При первом запуске создаётся пустой проект. Сразу сохраните его в своей рабочей папке, дав осмысленное имя, например *ecol\_monitoring.qgz* (меню «Проект» → «Сохранить как...»).

2. Перейдите в меню «Проект» → «Свойства» → вкладка «Система координат».

3. В поле поиска, введите *21004* или *GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E*. В списке найденных систем выберите *GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E* (код EPSG:21004).

4. Нажмите кнопку «Применить», затем «ОК».

5. Подключите подложку. Самый простой способ – использовать встроенный источник *XYZ Tiles*:

○ В пункте меню «Слой» выберите «Источники данных», в появившемся окне выберите *XYZ*.

○ В выпадающем списке сверху выберите «*OpenStreetMap*». Карта отобразится с подложкой.

6. Проверьте, что подложка корректно отображается, и поэкспериментируйте с масштабированием (колесо мыши) и перемещением по карте.

**Интерпретация результатов:** в результате вы должны увидеть карту Калининградской области и прилегающих территорий, а в правом нижнем углу

окна QGIS – индикатор текущей системы координат проекта *EPSG:21004*. Подложка OpenStreetMap служит основой для привязки наших данных.

---

### ***Задание 1.2. Импорт постов наблюдения из Excel (геокодирование)***

**Задача:** импортировать данные о постах наблюдения из листа Excel «Справочник\_постов» в QGIS, используя координаты X и Y (в системе координат EPSG:21004). Сохранить результат в виде отдельного векторного слоя (GeoPackage) в проекции региона (EPSG:21004).

**Методический подход:** файл Excel сам по себе не является пространственными данными. QGIS позволяет импортировать таблицу и отобразить её как слой точек, указав, в каких столбцах находятся координаты. Поскольку QGIS напрямую не работает с файлами Excel, необходимо список постов сохранить в файле с расширением csv. После импорта временный слой необходимо сохранить как постоянный векторный файл в проекции региона, чтобы все дальнейшие операции с расстояниями и площадями выполнялись корректно.

#### ***Последовательность действий:***

1. Откройте файл *Данные\_для\_анализа.xlsx*, скопируйте лист «Справочник постов» в новую книгу. Сохраните файл как *Посты.csv* (в кодировке UTF-8, если доступна).

2. В QGIS выберите меню «Слой» → «Добавить слой» → «Добавить слой из текста с разделителями».

3. В открывшемся диалоговом окне:

- Нажмите кнопку «...» и выберите ваш файл *Посты.csv*.
- В разделе «Формат файла» выберите «Другие разделители» и подберите разделитель (на основании примера данных, отображаемого внизу окна).

- Если разделителем целой и дробной части числа в исходном файле является запятая, то в разделе «Параметры записей и полей» необходимо установить опцию «Использовать десятичную запятую».

- В разделе «Примеры данных» убедитесь, что поля и форматы определены правильно. Прокрутите список полей: названия столбцов должны быть корректно считаны, а типы данных (числовые, строковые) – определены верно. Для координатных полей тип должен быть числовой.

- В разделе «Формат геометрии» выберите «Координаты точки».

Затем:

- В поле «Поле X» укажите *Координата\_X*.
- В поле «Поле Y» укажите *Координата\_Y*.

▪ В поле «Система координат геометрии» нажмите кнопку выбора и задайте *EPSG:21004 – GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E* (именно в этой системе даны координаты в Excel).

○ Остальные настройки можно оставить по умолчанию.

4. Нажмите «Добавить». На карте должны появиться точки постов наблюдения, расположенные поверх подложки OSM. Если точки не видны, возможно, они попадают за пределы текущего вида карты – щёлкните правой кнопкой по новому слою в панели слоёв и выберите «Приблизить к слою». Возможно, потребуется переместить новый слой поверх слоя подложки в списке слоёв.

5. Откройте атрибутивную таблицу нового слоя (правый клик по слою → «Открыть таблицу атрибутов»). Вы увидите все поля из исходного Excel-файла. Убедитесь, что количество записей совпадает с количеством постов.

6. Сохраните этот временный слой в постоянный, чтобы не импортировать его заново при каждом открытии проекта:

○ Правый клик по слою → «Экспорт» → «Сохранить объекты как...».

○ В диалоге экспорта:

▪ *Формат*: выберите *GeoPackage*.

▪ *Имя файла*: укажите путь и имя, например *ecol\_monitoring.gpkg*.

▪ *Имя слоя*: введите *Посты\_наблюдений*.

▪ Убедитесь, что выбрана *EPSG:21004 – GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E*.

▪ В разделе «Сохранить только выделенные объекты» галочку не ставим.

▪ Нажмите «ОК».

7. После сохранения новый слой *Посты\_наблюдений* автоматически добавится в проект. Исходный временный слой можно удалить (правый клик → «Удалить»).

**Интерпретация результатов:** на карте отображаются точки с точным местоположением постов. В атрибутивной таблице сохранены все характеристики: адрес, тип местности, муниципалитет, высота и т.д. Теперь эти точки готовы к пространственному анализу. Рекомендуется проверить правильность геопривязки, сравнив положение нескольких точек с подложкой (например, пост, расположенный в центре Калининграда, должен попадать в соответствующее место на карте).

---

### **Задание 1.3. Подготовка вспомогательных векторных слоёв**

**Задача:** загрузить из локальных источников векторные слои, необходимые для анализа: границы муниципалитетов, слои жилой застройки

(полигоны зданий или кварталов), гидрографию. Все слои должны быть приведены к единой системе координат проекта (*EPSG:21004*).

**Методический подход:** для содержательного анализа нам нужны не просто посты, а объекты, на которые влияет загрязнение. Жилая застройка будет выступать в роли реципиента (объекта защиты). Границы муниципалитетов позволят агрегировать результаты аналитических расчётов из темы 1 и 2 (например, показать на карте средний ИЗА по муниципалитету). Данные могут быть получены из разных источников: *OpenStreetMap*, официальные геопорталы, фоновые материалы кафедр. Важно, чтобы все слои были в проекции *EPSG:21004*.

### **Последовательность действий:**

#### 1. Использование готовых слоёв, предоставленных преподавателем:

○ Предполагается, что в папке *Data\_GIS* находятся файлы: *admin\_municipalities.shp* (границы муниципалитетов), *buildings.shp* (контуры зданий), *landuse* (землепользование (промзоны, жилая застройка)), *hydro.shp* (водотоки), *waters.shp* (крупные реки и водоемы), *oopt.shp* (ООПТ).

○ Добавьте их через меню «Слой» → «Добавить слой» → «Добавить векторный слой». Укажите путь к файлу и нажмите «Добавить».

#### 2. Приведение слоёв к единой системе координат (если необходимо):

○ После добавления слоя проверьте его систему координат (двойной щелчок по слою → вкладка «Информация»). Если слой не в *EPSG:21004*, его необходимо перепроецировать (пункт меню «Вектор» → «Инструменты управления данными» → «Перепроецировать слой»). Результат сохранить в GeoPackage базу *ecol\_monitoring.gpkg*. Для каждого слоя укажите свое имя.

#### 3. Организация слоёв в проекте:

○ Для удобства работы создайте группы слоёв. В панели слоёв (слева) щёлкните правой кнопкой и выберите «Добавить группу». Назовите группу, например, «Подложки», «Посты», «Реципиенты», «Границы».

○ Перетащите соответствующие слои в созданные группы. Это облегчит навигацию при большом количестве слоёв.

### **Интерпретация результатов:**

В проекте должны присутствовать следующие группы и слои:

- **Подложки:** *OpenStreetMap* (или другая базовая карта).
- **Посты:** *Посты\_наблюдений* (точки).
- **Границы:** полигоны муниципальных образований.
- **Реципиенты:** полигоны жилой застройки и промзоны, здания.
- **Природа:** гидрография, ООПТ.

Все слои корректно отображаются и имеют единую систему координат (*EPSG:21004*). Приблизьтесь к области интереса (например, к городу

Калининграду) и убедитесь, что точки постов лежат внутри соответствующих муниципалитетов и рядом с жилыми кварталами.

---

## **Блок 2. Моделирование зон антропогенного воздействия (буферный анализ)**

**Общий методический комментарий:** буферный анализ – один из ключевых инструментов ГИС для эколога. Он позволяет создавать зоны заданного радиуса вокруг объектов (источников воздействия) и оценивать, какие другие объекты (реципиенты) попадают в эти зоны. Это основа для расчета санитарно-защитных зон (СЗЗ) предприятий, водоохраных зон и оценки воздействия на жилую застройку и ООПТ.

В данном блоке мы используем результаты аналитических расчетов из темы 1 (значения ИЗА, категории постов, среднегодовые концентрации). Наша задача – связать эти табличные данные с пространственным слоем постов, созданным в блоке 1, и выполнить серию пространственных запросов для оценки потенциального воздействия на население и окружающую среду.

### **Необходимые данные (результат Блока 1):**

- Проект *ecol\_monitoring.qgz* с настроенной системой координат EPSG:21004.
- Слой *Посты\_наблюдений* (точечный, сохранен в *ecol\_monitoring.gpkg*).
- Слои из папки *Data\_GIS*, перепроецированные в EPSG:21004 и сохраненные в *ecol\_monitoring.gpkg*:
  - *buildings* – контуры зданий (полигоны).
  - *landuse* – землепользование (полигоны: жилая застройка, промзоны).
  - *admin\_municipalities* – границы муниципалитетов (полигоны).
  - *hydro, waters* – гидрография.
  - *oopt* – особо охраняемые природные территории (полигоны).

---

## **Задание 2.1. Подготовка данных: обогащение слоя постов расчетными показателями**

**Задача:** добавить в атрибутивную таблицу слоя *Посты\_наблюдений* результаты аналитических расчетов из темы 1 (значения ИЗА за 2024 год и категорию загрязнения). Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем можно было отбирать посты по уровню их опасности (например, только посты с высоким ИЗА) для создания буферных зон.

**Методический подход:** связывание табличной информации с пространственными данными выполняется через операцию соединения атрибутов по общему ключу. В нашем случае таким ключом является уникальное название поста. Необходимо подготовить CSV-файл с результатами

из Excel и выполнить соединение в QGIS. После соединения данные станут частью слоя, и их можно будет использовать для фильтрации и отображения.

### **Последовательность действий:**

#### **1. Подготовка таблицы с результатами в Excel:**

- Откройте файл с результатами работы по теме 1 (или итоговый файл *Данные\_для\_анализа.xlsx*).

- Создайте новый лист или скопируйте данные, содержащие итоговые показатели для каждого поста. Вам понадобятся следующие поля (названия должны точно соответствовать названиям в слое *Посты\_наблюдений*):

- *Название\_поста* (текст) – ключевое поле для соединения. Убедитесь, что написание названий идентично тому, что в слое QGIS.

- *ИЗА\_2024* (число) – значение индекса загрязнения атмосферы.

- *Кат\_ИЗА\_2024* (текст) – категория (например, «Низкий», «Средний», «Высокий», «Очень высокий»).

- Сохраните этот лист в формате CSV с именем *Результаты\_ИЗА.csv*. При сохранении выберите кодировку UTF-8. Запомните, какой разделитель вы использовали (запятая или точка с запятой). Если в числах используется десятичная запятая, это нужно будет учесть при импорте.

#### **2. Импорт CSV-файла в QGIS:**

- В QGIS выберите меню «Слой» → «Добавить слой» → «Добавить слой из текста с разделителями».

- Выберите ваш файл *Результаты\_ИЗА.csv*.

- В разделе «Формат файла» укажите соответствующий разделитель (запятая, точка с запятой и т.д.). Внизу окна должен отображаться пример корректно разбитой таблицы.

- В разделе «Параметры записей и полей» обратите внимание на опцию «Использовать десятичную запятую». Если в вашем CSV-файле числа записаны с запятой (например, 5,6), эту опцию необходимо включить. Если числа с точкой (например, 5.6), опцию включать не нужно.

- В разделе «Формат геометрии» оставьте «Нет геометрии» (просто таблица).

- Нажмите «Добавить». В панели слоев появится новый слой без геометрии – таблица *Результаты\_ИЗА*.

#### **3. Выполнение соединения:**

- Откройте свойства слоя «*Посты\_наблюдений*» (правый клик по слою → «Свойства»).

- Перейдите на вкладку «Соединения».

- Нажмите зеленую кнопку «+» внизу.

- В диалоговом окне настройте соединение:

- «*Присоединяемый слой*» – выберите слой *Результаты\_ИЗА*.

- «Связываемое поле» – выберите поле в присоединяемой таблице, по которому будет выполняться связь (например, *Название\_поста*).

- «Целевое поле» – выберите поле в слое постов, которое содержит название поста. Имена полей должны совпадать по смыслу.

- Нажмите «ОК», затем «ОК» в свойствах слоя.

- Теперь соединение выполнено. Откройте атрибутивную таблицу слоя *Посты\_наблюдений*. Вы увидите, что в ней появились новые поля, импортированные из CSV-файла (обычно с префиксом имени присоединяемого слоя (*Результаты\_ИЗА\_*)).

**Интерпретация результатов:** теперь слой *Посты\_наблюдений* содержит всю необходимую информацию: пространственное положение постов и результаты их классификации по уровню загрязнения. Это позволяет, например, настроить отображение постов разным цветом в зависимости от категории ИЗА или отобразить только те, для которых ИЗА > 5.

## **Задание 2.2. Создание буферных зон вокруг «проблемных» постов**

**Задача:** используя слой *Посты\_наблюдений* (с ИЗА), отобразить посты с категорией «Повышенный», «Высокий» и «Очень высокий» (или с ИЗА > 4). Создать для этих постов буферные зоны радиусом 1 км и 3 км для моделирования зоны интенсивного и умеренного воздействия. Сохранить буферы в отдельные слои.

**Методический подход:** буферные зоны создаются с помощью инструмента «Буфер». Важно, чтобы все операции выполнялись в проекции, минимизирующей искажения (EPSG:21004), так как радиус задается в метрах. Сначала мы отфильтруем нужные посты с помощью запроса, а затем применим к ним инструмент.

### **Последовательность действий:**

1. Отбор проблемных постов (атрибутивный запрос):

- В окне «Инструменты анализа» в группе «Вектор - выборка» воспользоваться инструментом «Извлечь по выражению».

- В открывшемся окне создайте выражение для отбора. Оно может выглядеть так (в зависимости от названия вашего поля с категорией или значением ИЗА):

- По категории:

- "Категория\_ИЗА\_2024" = 'Повышенный' or

- "Категория\_ИЗА\_2024" = 'Высокий' or

- "Категория\_ИЗА\_2024" = 'Очень высокий')

- По числовому значению: "ИЗА\_2024" > 4

- Задайте имя нового слоя «Посты\_ИЗА\_больше\_4» (в базе геоданных *ecol\_monitoring.gpkg*) и нажмите «ОК». Сформируется новый слой.

## 2. Создание буфера радиусом 1 км:

○ Откройте меню «Вектор» → «Инструменты геообработки» → «Буферизация».

○ В диалоговом окне:

▪ «Входной слой» – выберите *Посты\_ИЗА\_большие\_4*.

▪ «Расстояние» – укажите 1000 метров.

▪ «Аппроксимирующих отрезков на квадрант» – установите значение 10. Это число определяет, насколько сглаженной будет окружность.

▪ «Буферизовано» – нажмите кнопку «...» и выберите «Сохранить в файл GeoPackage».

▪ *Файл базы данных* – укажите *ecol\_monitoring.gpkg*.

▪ *Имя слоя* – введите *1км\_повышенный\_ИЗА*.

▪ Остальные опции можно оставить по умолчанию.

○ Нажмите «Выполнить». Новый полигональный слой буферов будет создан и добавлен на карту.

## 3. Создание буфера радиусом 3 км:

○ Повторите шаг 2, указав расстояние 3000 метров и имя слоя, например, *3км\_повышенный\_ИЗА*.

## 4. Оформление буферных зон:

○ В свойствах слоев буферов (правый клик → «Свойства» → вкладка «Стиль») настройте отображение:

▪ Выберите стиль заливки без заливки (или полупрозрачную).

▪ Выберите цвет и толщину границы, например, для 1 км – красную линию, для 3 км – оранжевую.

○ Расположите слои буферов под слоем постов, чтобы точки были видны поверх полигонов.

**Интерпретация результатов:** на карте отобразились зоны потенциального влияния наиболее проблемных источников загрязнения. Радиус 1 км условно можно считать зоной интенсивного воздействия (где превышения наиболее вероятны), радиус 3 км – зоной умеренного влияния. Эти зоны будут использованы для дальнейшего анализа попадания в них жилых зданий и других реципиентов.

---

### **Задание 2.3. Оценка попадания жилой застройки в зоны воздействия (пространственное пересечение)**

**Задача:** определить, сколько жилых зданий (из слоя *buildings*) и какая площадь жилых кварталов (из слоя *landuse*) попадает в 1-километровые буферные зоны вокруг проблемных постов.

**Методический подход:** используются операции пространственного анализа. Для подсчета количества зданий удобно применить инструмент

«Подсчет точек в полигоне», если здания представлены точками (или их центроидами). Для расчета площади застройки внутри буферов используется инструмент «Пересечение», который вырезает части полигонов, попавшие внутрь буферов, после чего можно вычислить их суммарную площадь.

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Подготовка слоя зданий (если это полигоны):**

- Слой *buildings* содержит полигоны контуров зданий. Для подсчета их количества можно использовать этот слой напрямую, но инструмент «Подсчет точек в полигоне» работает с точечными слоями.

- Создать центроиды зданий (меню «Вектор» → «Инструменты геометрии» → «Центроиды»). Входной слой – *buildings*, результат сохраните как *buildings\_centroids* в вашу *GeoPackage*.

##### **2. Подсчет количества зданий в буферных зонах:**

- Запустите инструмент «Вектор» → «Анализ» → «Подсчет точек в полигоне».

- «Полигональный слой» – выберите *1км\_высокий\_ИЗА*.

- «Слой объектов» – выберите *buildings\_centroids*.

- «Имя поля для подсчета» – можно оставить по умолчанию *NUMPOINTS*.

- «Результат» – сохраните как новый слой, например, *1км\_подсчет*.

- Нажмите «Выполнить».

- Откройте атрибутивную таблицу полученного слоя. В ней будет поле *NUMPOINTS*, показывающее, сколько зданий попало в каждый отдельный буфер (для каждого поста).

##### **3. Расчет площади жилых зон, попавших в буферы:**

- Для этого используем слой *landuse*, из которого нужно запросом выбрать только участки жилой застройки (атрибут *landuse* со значением *residential*). Создайте новый слой (*landuse\_residential*) на основе исходного слоя *landuse*, чтобы оставить в нем только жилую застройку.

- Запустите инструмент «Вектор» → «Инструменты геообработки» → «Пересечение».

- «Входной слой» – *landuse\_residential* (жилая застройка).

- «Слой наложения» – *1км\_повышенный\_ИЗА*.

- «Пересечение» – сохраните как новый слой, например, *residential\_1км*.

- Нажмите «Выполнить». Новый слой будет содержать только те участки жилой застройки, которые попали в буферные зоны.

- Откройте атрибутивную таблицу слоя *residential\_1км*. Нам нужно рассчитать площадь каждого такого участка.

- Откройте калькулятор полей, с помощью которого сформируйте новое поле с именем *Площадь\_м2*, тип «Десятичное число (*real*)».

○ В качестве выражения напишите *\$area*. Функция *\$area* возвращает площадь объекта в квадратных метрах (так как проект в EPSG:21004, единицы измерения – метры).

○ Сохраните изменения и выключите режим редактирования.

○ Теперь можно увидеть общую площадь жилой застройки, попавшей в зону влияния по каждому посту. Для этого необходимо воспользоваться инструментом «Агрегировать» (группа инструментов «Вектор – геометрия»):

○ «Группировать по выражению» – «Пост» (чтобы по каждому посту в результате получить один (составной) объект с общей площадью).

○ в списке агрегатных функций убрать все поля кроме *LANDUSE*, *Пост* и *Площадь\_м2*: для первых двух агрегирующая функция будет *concatenate\_unique* (чтобы оставить только уникальные значения этого поля, для второго – *sum* (чтобы получить итоговую суммарную площадь зоны жилой застройки).

○ Сохранить как слой GeoPackage *residential\_1km\_result*.

○ После, используя калькулятор поля, рассчитать площадь в га для каждого поста.

○ Задать связь слоя *residential\_1km\_result* со слоем *1км\_подсчет*, чтобы добавить информацию о количестве зданий, попавших в километровую зону.

**Интерпретация результатов:** вы получили количественные оценки: например, «В 1-километровую зону вокруг поста «Промышленный» попадает 15 зданий и 2,3 га жилых кварталов. В 3-километровую зону – 120 зданий и 15,5 га». Эти цифры – прямое обоснование для включения данной территории в программу дополнительных мероприятий по снижению выбросов или для более детальной оценки риска здоровью.

---

#### **Задание 2.4. Оценка воздействия на особо охраняемые природные территории (ООПТ)**

**Задача:** проверить, не попадают ли границы ООПТ (слой *oort*) в 3-километровые буферные зоны проблемных постов. В случае пересечения, рассчитать площадь пересечения и дать рекомендации.

**Методический подход:** аналогично предыдущему заданию используется инструмент «Пересечение». Если ООПТ – полигоны, наложив их на буферы, мы получим участки ООПТ, попадающие в зону потенциального воздействия.

##### **Последовательность действий:**

1. **Выполнение пересечения:**

○ Запустите инструмент «Вектор» → «Инструменты геообработки» → «Пересечение».

○ «Входной слой» – слой *oort*.

○ «Слой наложения» – слой *3км\_повышенный\_ИЗА*.

- «Пересечение» – сохраните как новый слой, например, *oopt\_3km*.
- Нажмите «Выполнить».

## 2. Анализ результатов:

- Откройте атрибутивную таблицу слоя *oopt\_3km*. Если слой пуст, значит пересечений нет.
- Если объекты есть, добавьте поле *Площадь\_м2* и рассчитайте площадь (*\$area*) для каждого фрагмента ООПТ, попавшего в буфер.
- Просуммируйте площади, чтобы получить общую площадь ООПТ, находящуюся в зоне потенциального воздействия.

**Интерпретация результатов:** вывод может звучать так: «Установлено, что 3-километровая буферная зона вокруг поста «Промышленный» пересекается с территорией памятника природы «Озеро Лесное». Площадь пересечения составляет 0,5 га. Это требует дополнительного контроля за состоянием экосистем ООПТ и учета данного фактора при разработке проектов СЗЗ».

## Задание 2.5. Суммарная оценка воздействия на муниципальные образования

**Задача:** оценить, какая площадь территории каждого муниципалитета попадает в 3-километровые буферные зоны проблемных постов, и выразить эту долю в процентах от общей площади муниципалитета.

**Методический подход:** мы снова используем «Пересечение», но теперь накладываем буферные зоны на слой *admin\_municipalities*. Затем рассчитываем площади фрагментов и группируем их по муниципалитетам.

### Последовательность действий:

#### 1. Выполнение пересечения:

- Запустите «Вектор» → «Инструменты геообработки» → «Пересечение».
- «Входной слой» – *admin\_municipalities*.
- «Слой наложения» – *3км\_повышенный\_ИЗА*.
- «Пересечение» – сохраните как *Муниц\_3км*.
- Нажмите «Выполнить».

#### 2. Расчет площадей и группировка:

- Добавьте в слой *Муниц\_3км* поле *Площадь\_м2* и рассчитайте *\$area*.
- Теперь нам нужно сгруппировать эти фрагменты по названиям муниципалитетов и просуммировать их площади. Для этого удобно использовать инструмент «Агрегировать».
- Группа инструментов «Вектор – геометрия» → «Агрегировать».
- «Исходный слой» – *Муниц\_3км*.

▪ «Группировать по выражению» – выберите поле с названием муниципалитета (например, *Муниципалитет*).

▪ В таблице агрегатных функций оставьте поля *Муниципалитет* и *Площадь\_м2* (агрегирующие функции `concatenate_unique` и `sum` соответственно).

▪ «Объединено» – сохраните как *Стат\_муницип.*

○ Откройте полученную таблицу. В ней будет для каждого муниципалитета суммарная площадь, попавшая в буферные зоны.

### 3. Расчет доли:

○ Чтобы рассчитать долю, нам нужна общая площадь каждого муниципалитета. Ее можно получить аналогично, создав поле *Площадь\_м2* в исходном слое *admin\_municipalities* и рассчитав  $\$area$  для каждого объекта.

○ Затем, объедините таблицу со статистикой и атрибутами исходного слоя (можно выполнить соединение по названию муниципалитета) и в новом поле вычислите процент:  $(\text{Площадь\_в\_буфере} / \text{Общая\_площадь\_муниципалитета}) * 100$ .

**Интерпретация результатов:** вы получите рейтинг муниципалитетов по степени потенциального воздействия. Например, «Наибольшая доля территории, попадающей в зоны влияния проблемных источников, отмечена в городском округе «Калининград» – 18%. В Зеленоградском районе этот показатель составляет 2%». Это может служить дополнительным аргументом при распределении квот на выбросы или планировании экологических проверок.

---

## Блок 3. Пространственная интерполяция полей загрязнения

**Общий методический комментарий:** данные о концентрациях загрязняющих веществ у нас есть только в дискретных точках – постах наблюдения. Для того чтобы оценить пространственное распределение загрязнения на всей территории (например, в городе или районе) и выявить зоны повышенных концентраций, используются методы пространственной интерполяции. Они позволяют построить непрерывную поверхность (растр) по известным значениям в точках, предполагая, что близко расположенные точки более схожи, чем удалённые.

В данном блоке мы выполним интерполяцию среднегодовых концентраций диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) методом обратных взвешенных расстояний (IDW). На основе полученного растра построим изолинии равных концентраций и выделим зоны, где концентрация превышает заданный порог (например, 0,5 ПДКсс). Результаты могут быть использованы для планирования природоохранных мероприятий и оценки риска для здоровья населения.

**Необходимые данные (результат блоков 1 и 2):**

- Проект *ecol\_monitoring.qgz* с настроенной системой координат **EPSG:21004**.

- Слой *Посты\_наблюдений* (точечный) с присоединёнными атрибутами из задания 2.1.

- Дополнительный CSV-файл с результатами расчёта среднегодовых концентраций NO<sub>2</sub> (или другого вещества) по постам за 2024 год (поля: *Название\_поста, NO2\_мг\_м3*).

- Слой *admin\_municipalities* (границы муниципалитетов) – для ограничения области интерполяции.

- Буферные зоны из блока 2 для последующей зональной статистики.

---

### ***Задание 3.1. Подготовка данных: присоединение среднегодовых концентраций к слою постов***

**Задача:** добавить в атрибутивную таблицу слоя *Посты\_наблюдений* значения среднегодовых концентраций диоксида азота (NO<sub>2</sub>) за 2024 год, полученные в ходе выполнения темы 1. Это необходимо для использования в качестве исходных данных для интерполяции.

#### ***Методический подход:***

Аналогично заданию 2.1, выполним соединение атрибутивной таблицы слоя постов с таблицей, содержащей концентрации, по уникальному названию поста. После соединения создадим новый слой, чтобы зафиксировать присоединённые поля.

#### ***Последовательность действий:***

##### ***1. Подготовка таблицы с концентрациями в Excel:***

- Откройте файл с итоговыми результатами темы 1 (например, *Данные\_для\_анализа.xlsx* или отдельный файл с расчётами).

- Создайте лист, содержащий для каждого поста его название и среднегодовую концентрацию NO<sub>2</sub> (мг/м<sup>3</sup>) за 2024 год. Названия полей: *Название\_поста, NO2\_мг\_м3*.

- Сохраните лист в формате CSV с именем *Концентрации\_NO2.csv*, используя кодировку UTF-8. Запомните разделитель (запятая или точка с запятой) и формат десятичного разделителя (точка или запятая).

##### ***2. Импорт CSV-файла в QGIS:***

- Меню «Слой» → «Добавить слой» → «Добавить слой из текста с разделителями».

- Выберите файл *Концентрации\_NO2.csv*.

- Укажите правильный разделитель и при необходимости включите опцию «Использовать десятичную запятую», если числа записаны с запятой.

- В разделе «Формат геометрии» оставьте «Без геометрии».

○ Нажмите «Добавить». В панели слоёв появится слой без геометрии *Концентрации\_NO2*.

### 3. Выполнение соединения:

○ Откройте свойства слоя «*Посты\_наблюдений*» (правый клик → «Свойства»).

○ Перейдите на вкладку «Соединения».

○ Нажмите зелёную кнопку «+».

○ В диалоге укажите:

▪ «Присоединяемый слой» – *Концентрации\_NO2*.

▪ «Связываемое поле» – поле *Название\_поста* в присоединяемом слое.

▪ «Целевое поле» – поле с названием поста в слое *Посты\_наблюдений* (например, *Название*).

○ Подтвердите выполненные действия и закройте диалоговые окна.

○ Откройте атрибутивную таблицу слоя *Посты\_наблюдений* – теперь в ней присутствует поле *Концентрации\_NO2\_NO2\_мг\_м3* (или аналогичное) со значениями концентраций.

**Интерпретация результатов:** слой *Посты\_наблюдений* содержит всю необходимую информацию для интерполяции: координаты постов и значения среднегодовых концентраций NO<sub>2</sub> в поле *\_NO2\_мг\_м3*.

---

## Задание 3.2. Интерполяция методом IDW и визуализация растра

**Задача:** построить растровую поверхность распределения среднегодовых концентраций NO<sub>2</sub> на территории области (или города) с помощью метода обратно взвешенных расстояний (IDW). Настроить стиль отображения растра для наглядной визуализации зон загрязнения.

**Методический подход:** метод IDW реализован в QGIS через одноимённый инструмент. На вход подаётся точечный слой с атрибутом, содержащим значения для интерполяции. Размер ячейки (пикселя) растра выбирается исходя из необходимой детализации (например, 20 м). Область интерполяции (экстент) можно ограничить полигональным слоем, например, границами города или муниципалитетов, чтобы не строить растр на всю область.

### Последовательность действий:

#### 1. Запуск инструмента интерполяции:

○ Откройте «Панель инструментов анализа» (меню «Анализ» → «Панель инструментов») или сочетание *Ctrl+Alt+T*.

○ В строке поиска введите *ОВР* и найдите инструмент «*Интерполяция ОВР*» (обычно находится в группе «*Интерполяция*»).

#### 2. Настройка параметров инструмента:

○ «*Векторный слой*» – выберите слой *Посты\_наблюдений* (с NO<sub>2</sub>).

- «Атрибут интерполяции» – выберите поле *\_NO2\_мг\_м3*.
- Нажмите кнопку + для добавления векторного слоя в таблицу.
- «Коэффициент расстояния *P*» – оставьте 2 (значение по умолчанию, оптимально для большинства случаев) (чем выше степень, тем меньше вклад более удаленных точек).
- «Охват» – прямоугольная область, которой будет ограничен результирующий растр. Выберите «Рассчитать из слоя», чтобы ограничить область интерполяции прямоугольной областью, охватывающей все городские территории. Для этого:
  - Рядом с полем «Охват» нажмите кнопку со стрелкой вниз и выберите «Рассчитать из слоя», затем укажите слой *admin\_municipalities*.
- 
- «Размер ячейки (пикселя)» – укажите 20 (метров). Меньший размер дает более детальный, но и более тяжёлый растр.
- «Интерполировано» – нажмите кнопку «...» и выберите «Сохранить в файл», укажите имя, например, *NO2\_IDW\_2024.tif* (формат *GeoTIFF*). Сохраните в рабочую папку.

### 3. Выполнение интерполяции:

- Нажмите кнопку «Выполнить». Процесс может занять некоторое время в зависимости от размера области и количества точек.
- После завершения растр автоматически добавится на карту. Он будет отображаться в оттенках серого (по умолчанию) и охватывать прямоугольную область, которая может выходить за пределы населённых пунктов.

### 4. Обрезка растра по границам городов (по маске).

- Полученный растровый слой охватывает прямоугольную область, включающую территории за пределами городов. Чтобы оставить только значения внутри границ муниципалитетов, необходимо выполнить обрезку по векторной маске.
- В пункте меню «Растр» → «Извлечение» выберите «Обрезать растр по маске».
- В диалоговом окне укажите:
  - «Исходный слой» – растр *NO2\_IDW\_2024*.
  - «Слой маски» – выберите слой *admin\_municipalities*.
  - «Исходная СК» и «Целевая СК» - укажите *EPSG:21004* (убедитесь, что оба слоя находятся в этой СК).
  - «Кадрированный (по маске)» – сохраните результат как новый растр, например, *NO2\_IDW\_clipped.tif*.
- Нажмите «Выполнить». На карте появится обрезанный растр, отображающий концентрации только в границах муниципалитетов. Исходный (необрезанный) растр можно скрыть или удалить.

### 5. Настройка стиля растра:

○ Правый клик по слою *NO2\_IDW\_clipped* → «Свойства» → вкладка «Стиль».

○ В верхнем выпадающем списке выберите тип отображения «Одноканальное псевдоцветное».

○ Мин. значение установите 0, макс – 0,07.

○ В разделе «Цветовой ряд» выберите желаемую цветовую гамму, например, «Spectral» (с инвертированием градиента) (или пользовательскую градиентную от зелёного (низкие концентрации) к красному (высокие)).

○ В разделе «Режим» выберите «Равные интервалы» или «Квантили» и задайте количество классов, например, 8.

○ Нажмите кнопку «Классифицировать», при необходимости отредактируйте цвета отдельных диапазонов.

○ Нажмите «ОК».

**Интерпретация результатов:** на карте отобразится непрерывное поле концентраций NO<sub>2</sub>. Зоны красного цвета соответствуют наиболее высоким концентрациям, зелёного – низким. Визуально можно оценить, как загрязнение распространяется от источников (постов с высокими значениями) и где формируются «горячие точки».

### **Задание 3.3. Создание изолиний (контуров) равных концентраций**

**Задача:** на основе интерполяционного растра построить векторные изолинии (контуры), соединяющие точки с одинаковыми значениями концентраций. Это позволит лучше читать карту и выделить зоны с конкретными уровнями загрязнения.

**Методический подход:** инструмент «Создать изолинии» преобразует растр в набор линий, каждая из которых соответствует заданному интервалу значений.

#### **Последовательность действий:**

##### 1. Запуск инструмента «Создать изолинии»:

○ Меню «Растр» → «Извлечение» → «Создать изолинии».

○ Или найдите инструмент «Создать изолинии» в панели инструментов анализа.

##### 2. Настройка параметров:

○ «Исходный слой» – выберите растровый слой *NO2\_IDW\_clipped*.

○ «Расстояние между изолиниями» – укажите шаг, например, 0,005 (если концентрации измеряются в мг/м<sup>3</sup> и имеют диапазон, например, от 0,01 до 0,07). Значение шага подбирается так, чтобы получилось 5–10 линий.

○ «Имя атрибута» – можно оставить *ELEV* или переименовать, например, *Конц\_NO2*.

○ «*Изолинии*» – нажмите «...» и сохраните результат как векторный слой в *GeoPackage*, например, *Изолинии\_NO2*.

### 3. Выполнение:

○ Нажмите «Выполнить». Через некоторое время на карте появятся изолинии.

### 4. Оформление изолиний:

○ В свойствах слоя *Изолинии\_NO2* на вкладке «Стиль» выберите способ отображения, например, «Символизация по уникальным значениям» по полю *Конц\_NO2* и назначьте каждой линии свой цвет или оставьте один цвет с подписями.

○ Для подписывания изолиний значениями концентрации:

▪ Правый клик по слою → «Свойства» → «Подписи».

▪ Выберите «Обычные подписи», в качестве поля для подписи укажите *Конц\_NO2*.

▪ Настройте шрифт и размещение подписей: «Режим размещения» – «Вдоль кривых (на линии)», «Буферизовать подписи» – 0,7 мм (цвет белый).

**Интерпретация результатов:** изолинии наглядно демонстрируют границы зон с одинаковым уровнем загрязнения. С их помощью можно определить, на каком удалении от постов концентрация снижается до определённого уровня.

---

## **Задание 3.4. Выделение зон превышения порогового значения (например, ПДКсс)**

**Задача:** используя калькулятор растра, выделить области, где концентрация  $\text{NO}_2$  превышает заданное пороговое значение (например, ПДКсс = 0,04 мг/м<sup>3</sup>). Преобразовать полученную бинарную маску в векторный слой полигонов для дальнейшего анализа (например, расчёта площади зон превышения и оценки попадания в них жилой застройки).

**Методический подход:** с помощью «Калькулятора растров» создаём новый растр, где ячейкам, удовлетворяющим условию, присваивается 1, остальным – 0 или *НетДанных (NoData)*. Затем инструмент «Создание полигонов» преобразует этот растр в векторные полигоны.

### **Последовательность действий:**

#### 1. Запуск калькулятора растра:

○ Меню «Растр» → «Калькулятор растров».

#### 2. Формирование выражения:

○ В окне калькулятора будут перечислены доступные растры. Дважды щёлкните по слою *NO2\_IDW\_clipped @1*, чтобы добавить его в выражение.

○ Введите условие: "*NO2\_IDW\_clipped@1*" > 0.04 (замените порог на нужный).

○ Убедитесь, что в качестве выходного экстенда (пространственного охвата) выбран тот же, что и у исходного растра, или немного меньше.

○ В разделе «Слой результатов» укажите имя файла, например, *NO2\_превыш.tif*.

○ Нажмите «Выполнить». Будет создан бинарный растр, где 1 – области превышения порога, а 0 – остальные (или *НетДанных*, если в исходном растре были *НетДанных*).

### 3. Создание полигонов (растр в вектор):

○ Меню «Растр» → «Преобразовать» → «Создание полигонов (растр в вектор)».

○ «Исходный слой» – выберите растр *NO2\_превыш.tif*.

○ «Наименование создаваемого поля» – можно оставить DN или задать своё, например, *превышение*.

○ «Векторизовано» – сохраните результат в *GeoPackage*, например, *зоны\_превыш\_NO2*.

○ Нажмите «Выполнить». Векторный слой с полигонами, соответствующими областям превышения, будет добавлен на карту.

○ Примечание: полигоны могут содержать как области со значением 1, так и 0. В атрибутивной таблице нового слоя есть поле *DN* (или заданное вами), где 1 – зоны превышения, 0 – фоновые области. Чтобы оставить только зоны превышения, необходимо создать новый слой с помощью инструмента «Извлечь по выражению».

### 4. Расчёт площади зон превышения:

○ Откройте атрибутивную таблицу слоя *зоны\_превышения\_NO2*.

○ Включите редактирование, добавьте поле *Площадь\_м2* типа «Десятичное число».

○ В калькуляторе полей введите выражение *\$area* и рассчитайте площадь для каждого полигона.

○ Для получения суммарной площади всех зон превышения можно использовать инструмент «Агрегировать».

**Интерпретация результатов:** в результате мы имеем векторные полигоны, точно очерчивающие территории, где среднегодовая концентрация NO<sub>2</sub> превышает заданный порог (например, ПДКсс). Площадь этих зон может быть включена в отчёт. Например: «Зона превышения ПДКсс по диоксиду азота составляет 4,2 км<sup>2</sup> и включает в себя 15 жилых кварталов, что требует разработки мероприятий по снижению выбросов».

---

## Задание 3.5. Зональная статистика: оценка средних концентраций в буферных зонах и муниципалитетах

### Задача:

Рассчитать среднюю концентрацию NO<sub>2</sub> внутри ранее созданных буферных зон (1 км и 3 км) и в границах муниципалитетов, используя зональную статистику. Это позволит количественно оценить уровень загрязнения в этих зонах.

**Методический подход:** инструмент «Зональная статистика» вычисляет статистические показатели (среднее, мин., макс. и др.) для каждого полигона на основе значений растровых ячеек, попадающих в этот полигон.

**Последовательность действий:**

1. Зональная статистика для буферных зон:

○ «Панель инструментов анализа» → «Растр» → «Анализ растров» → «Зональная статистика».

○ «Исходный слой» – выберите полигональный слой, например, *Iкм\_повышенный\_ИЗА*.

○ «Растровый слой» – выберите растр *NO2\_IDW\_clipped*.

○ «Статистика для расчёта» – выберите «Среднее», также можно выбрать «Минимум», «Максимум».

○ «Зональная статистика» – сохраните как новый векторный слой, например, *зон\_стат\_1км\_NO2*.

○ Нажмите «Выполнить». В атрибутивной таблице нового слоя появится поле со средним значением концентрации для каждой буферной зоны.

2. Аналогично для муниципалитетов:

○ Повторите шаг 1, выбрав в качестве входного слоя зон *admin\_municipalities*.

○ Сохраните результат, например, *зон\_стат\_муниц\_NO2*.

**Интерпретация результатов:** теперь для каждого поста (через его буферную зону) и для каждого муниципалитета известна средняя концентрация NO<sub>2</sub>. Эти данные можно использовать для сравнения: например, «Средняя концентрация NO<sub>2</sub> в 1-километровой зоне вокруг поста «Промышленный» составляет 0,035 мг/м<sup>3</sup>, что в 1,5 раза выше, чем в среднем по городу». Такие цифры усиливают аналитическую часть отчёта.

---

#### **Блок 4. Интегральная оценка и зонирование территории**

**Общий методический комментарий:** на предыдущих этапах мы создали ряд производных слоёв, характеризующих различные аспекты экологической ситуации: буферные зоны вокруг источников с высоким ИЗА (потенциальная зона влияния), интерполяционные поля и зоны превышения ПДК (фактическое загрязнение), а также слои жилой застройки (реципиенты). Цель данного блока – объединить эту информацию для построения комплексной карты экологического риска, выделения зон с различной степенью неблагоприятия и

создания итогового картографического продукта, пригодного для включения в аналитический отчёт.

Мы выполним оверлейный (наложенный) анализ нескольких факторов, присвоим каждому фактору весовые коэффициенты и в результате получим интегральную оценку территории по степени потенциального риска для здоровья населения и состояния окружающей среды.

**Необходимые данные (результат блоков 1–3):**

- Проект *ecol\_monitoring.qgz* с настроенной системой координат *EPSG:21004*.
- Слой *Посты\_наблюдений* с атрибутами *ИЗА\_2024* и *Кат\_ИЗА\_2024*.
- Слой *1км\_повышенный\_ИЗА* – буферные зоны радиусом 1 км.
- Слой *3км\_повышенный\_ИЗА* – буферные зоны радиусом 3 км.
- Слой *зоны\_превышения\_NO2* – полигоны превышения ПДК (или заданного порога) по NO<sub>2</sub>.
- Слой *landuse\_residential* – жилая застройка (полигоны).
- Слой *buildings\_centroids* – центроиды зданий (для подсчёта количества).
- Слой *admin\_municipalities* – границы муниципалитетов (для фона и зональной статистики).

---

#### **Задание 4.1. Подготовка растровых факторов риска**

**Задача:** преобразовать векторные слои (буферные зоны, жилую застройку, зоны превышения ПДК) в растровые поверхности с нормированными значениями. Это необходимо для последующего многокритериального анализа, где каждый фактор будет оцениваться по единой шкале и складываться в калькуляторе растров для получения интегральной карты риска.

**Методический подход:** каждый фактор оценивается по трёхбалльной шкале:

- *3 балла* – высокий риск (1-км буферные зоны, зоны превышения ПДК, жилая застройка);
- *2 балла* – средний риск (3-км буферные зоны);
- *0 баллов* – низкий риск (остальная территория).

Все растры должны иметь одинаковый размер ячейки (20 м, как в интерполяции) и единый пространственный охват (экстент), совпадающий с растром *NO2\_IDW\_clipped* или специально созданным шаблоном. Важно избавиться от значений NoData, заменив их на числовые значения (например, 0 или -9999), чтобы избежать ошибок при вычислениях в калькуляторе растров.

**Последовательность действий:**

1. *Создание единой растровой основы (шаблона)*
  - Откройте «*Панель инструментов анализа*».

○ В строке поиска введите «Создать растровый слой с равными значениями пикселей» (инструмент из группы «Растр – Создание»).

○ Настройте параметры:

▪ «Желаемый охват» – выберите «Рассчитать из слоя» и укажите растровый слой *NO2\_IDW\_clipped*.

▪ «Размер пикселя» – укажите 20 (метров).

▪ «Постоянное значение» – -9999.

○ «Константа» – нажмите кнопку с многоточием, выберите «Сохранить в файл», укажите имя, например, *template.tif*, и сохраните в рабочую папку.

• Нажмите «Выполнить». Созданный растр будет использоваться как шаблон для всех последующих операций (привязка экстенда, размера ячейки).

## 2. Растеризация буферных зон с весовыми значениями

○ Подготовка атрибута веса

▪ Откройте атрибутивную таблицу слоя *1км\_повышенный\_ИЗА*.

▪ Включите режим редактирования.

▪ Откройте *Калькулятор полей*.

▪ Создайте новое поле с именем *weight*, тип «Целое число», и в выражении укажите значение 3.

▪ Нажмите «ОК» и сохраните изменения.

▪ Повторите эти же действия для слоя *3км\_повышенный\_ИЗА*, присвоив полю *weight* значение 2.

○ Растеризация слоя *1км\_повышенный\_ИЗА*

▪ Меню «Растр» → «Конвертация» → «Растеризация (вектор в растр)».

▪ В диалоговом окне укажите:

▪ «Исходный слой» – *1км\_повышенный\_ИЗА*.

▪ «Поле, содержащее заполняющее значение» – выберите поле *weight*.

▪ «Единицы измерения выходного растра» – «Геопривязанные единицы».

▪ «Ширина/высота» – укажите 20.

▪ «Целевой охват» – выберите «Рассчитать из слоя» и укажите *template.tif*.

▪ «Растрированный» – сохраните как *1км\_риск.tif*.

▪ Нажмите «Выполнить». В результате будет создан растр, где в ячейках, попадающих в 1-км буферные зоны, записано значение 3, а в остальных – NoData.

○ Растеризация слоя *3км\_повышенный\_ИЗА*

▪ Повторите предыдущие шаги, выбрав в качестве входного слоя *3км\_повышенный\_ИЗА* и сохранив результат как *3км\_риск.tif*. В этом растре в зонах 3 км будет значение 2, вне зон – НетДанных.

### 3. Замена NoData на числовое значение-индикатор

Поскольку в калькуляторе растров нельзя напрямую проверять ячейки на NoData, мы заменим пустые ячейки на специальное число, например -9999, с помощью инструмента «Заполнить ячейки НетДанных».

- В панели инструментов анализа найдите инструмент «Заполнить ячейки НетДанных» (группа «Инструменты обработки растра»).

- Для растра *1км\_риск.tif*:

- «Входной слой» – *1км\_риск.tif*.

- «Значение заполнения» – укажите -9999.

- «Выходной растр» – сохраните как *1км\_риск\_filled.tif*.

- Нажмите «Выполнить».

- Повторите для растра *3км\_риск.tif*, создав слой *3км\_риск\_filled.tif*.

### 4. Объединение буферных зон с приоритетом (ближняя зона имеет больший вес)

Теперь, когда вместо НетДанных стоит число -9999, мы можем использовать калькулятор растров, чтобы объединить два растра, отдавая приоритет значениям из 1-км зоны.

- Откройте «Растр» → «Калькулятор растров».

- Составьте следующее выражение:

$$(("1км\_риск\_filled@1" != -9999) * 3) +$$
$$(("1км\_риск\_filled@1" = -9999 AND "3км\_риск\_filled@1" != -9999) * 2)$$

Пояснение:

- Первая часть (*"1км\_риск\_filled@1" != -9999*) возвращает 1 для ячеек, где есть значение (т.е. 1-км зона), умножаем на 3 – получаем 3.

- Вторая часть проверяет, что в 1-км слое значение равно -9999 (нет данных), а в 3-км слое не равно -9999 (есть зона), и возвращает 2.

- Там, где оба условия ложны, результатом будет 0.

- В качестве выходного экстенда выберите «Рассчитать из слоя» и укажите *template.tif*.

- В разделе «Слой результатов» укажите имя файла, например, *buf\_risk\_priority.tif*.

- Нажмите «Выполнить».

### 5. Растеризация зон превышения ПДК и жилой застройки

- Подготовка слоя зоны\_превышения\_NO2

- Убедитесь, что в атрибутивной таблице слоя *извл\_зоны\_превыш\_NO2* есть поле *DN* со значением 1 (это зоны превышения). Создайте поле *weight* и заполните его значением 3 (как в предыдущих пунктах).

- Растеризация зон превышения

- Выполните растеризацию слоя *извл\_зоны\_превыш\_NO2* (или его копии с полем *weight = 3*) аналогично п. 2.2:

- «Исходный слой» – *извл\_зоны\_превыш\_NO2*.
- «Поле значения» – *weight*.
- «Ширина/высота» – 20 м.
- Охват – по *template.tif*.
- Сохранить как *прев\_риск.tif*.

▪ Для «НетДанных» установите значение 0, чтобы фоновые ячейки стали нулевыми, а не пустыми.

○ *Растрезация жилой застройки*

▪ Подготовьте слой *landuse\_residential*. Убедитесь, что он содержит только жилые зоны. Создайте поле *weight* со значением 3 для всех объектов (калькулятор полей).

▪ Выполните растрезацию этого слоя, сохранив как *resid\_risk.tif*.

**Интерпретация промежуточных результатов:**

Созданы три растровых фактора, каждый из которых отражает вклад определённого аспекта в итоговый риск:

• *Близость к источникам загрязнения* – значения 3 (1-км зона), 2 (3-км зона), 0 (остальное).

• *Наличие сверхнормативного загрязнения* – 3 (зоны превышения ПДК), 0 (чистые зоны).

• *Наличие жилой застройки* – 3 (жилые кварталы), 0 (нежилые территории).

**Задание 4.2. Интегральная оценка риска (многокритериальный анализ)**

**Задача:** сложить полученные растровые факторы с учётом их весов (если необходимо) и получить итоговую карту интегрального риска. Выполнить классификацию итогового растра на категории (например, «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий» риск).

**Методический подход:** используем *Калькулятор растров* для суммирования значений всех факторов. Веса можно учесть, умножая каждый фактор на соответствующий коэффициент (например, фактор близости к источнику имеет вес 0.4, фактор превышения – 0.4, фактор жилья – 0.2). В учебных целях можно принять равные веса или экспертно назначенные.

**Последовательность действий:**

1. *Суммирование факторов в калькуляторе растров.*

○ Меню «Растр» → «Калькулятор растров».

○ Составьте выражение, например:

$("buf\_risk\_priority@1" * 0.4) + ("прев\_риск@1" * 0.4) + ("resid\_risk@1" * 0.2)$

○ В качестве выходного экстенда выберите *template.tif* или *NO2\_IDW\_clipped*.

- Сохраните результат как *integral\_risk.tif*.

- Нажмите «Выполнить».

## 2. Классификация итогового растра на категории.

- Откройте свойства слоя *integral\_risk* → вкладка «Стиль».

- Выберите тип отображения «Одноканальное псевдоцветное».

- В разделе «Режим» выберите «Равные интервалы» и задайте количество классов, например, 4.

- Нажмите «Классифицировать», чтобы увидеть диапазоны.

- Для каждого диапазона скорректируйте границы и назначьте название, например:

- 0–1: «Низкий риск»

- 1–2: «Средний риск»

- 2–3: «Высокий риск»

- 3–4: «Очень высокий риск»

- Подберите цвета: *зелёный* → *жёлтый* → *оранжевый* → *красный*.

- Нажмите «ОК».

## 3. Создание векторного слоя зон риска.

- Если требуется получить полигональные зоны риска для дальнейшего анализа (например, расчёта площади), выполните векторизацию классифицированного растра. Для этого сначала нужно переклассифицировать растр в целочисленные коды категорий (например, 1,2,3,4).

- Используйте инструмент «Переклассифицировать по таблице», задав соответствие диапазонов новым значениям.

- Затем «Растр» → «Преобразовать» → «Создание полигонов (растр в вектор)», используя поле с кодом категории.

**Интерпретация результатов:** на карте выделены территории с разной степенью интегрального экологического риска. Зоны очень высокого риска – это участки, где одновременно присутствуют источники загрязнения (буферные зоны), фактические превышения ПДК и жилая застройка. Они требуют первоочередных управленческих решений. Зоны низкого риска – условно благополучные территории.

---

### **Задание 4.3. Создание итоговой картографической композиции (компоновка карты)**

**Задача:** оформить итоговую карту интегрального риска (или другую наиболее показательную карту) в виде компоновки для включения в аналитический отчёт. Компоновка должна содержать легенду, масштаб, координатную сетку, условные обозначения, название карты и выходные данные (автор, год).

**Методический подход:** используем инструмент «Менеджер макетов» в QGIS. Размещаем на листе карту, легенду, масштабную линейку, сетку, текст.

**Последовательность действий:**

1. *Настройка отображения слоёв в основном окне QGIS.*

○ Включите слои, которые должны быть видны на финальной карте: итоговый растр *integral\_risk* (или классифицированный вектор), подложку (OSM или другой базовый слой), границы муниципалитетов (контуры), посты наблюдения (как точки с символами). Отключите лишние слои.

○ Приблизьтесь к нужному масштабу, который охватывает всю исследуемую территорию.

2. *Создание нового макета.*

○ Меню «Проект» → «Создать макет» → введите имя, например, «Карта риска 2024» → нажмите «ОК». Откроется окно макета.

3. *Добавление элементов:*

○ *Карта:* нажмите кнопку «Добавить карту», растяните прямоугольник на листе. В свойствах карты можно зафиксировать масштаб (например, 1:100 000) и заблокировать его.

○ *Легенда:* нажмите «Добавить легенду», кликните в нужном месте. В свойствах легенды уберите галку «Автоматическое обновление» и удалите лишние слои, оставив только те, что нужны. Можно переименовать слои для лучшего понимания.

○ *Масштабная линейка:* кнопка «Добавить масштабную линейку». В свойствах выберите нужный стиль, единицы (километры), шрифт.

○ *Координатная сетка:* кликните по карте → в свойствах справа раздел «Сетки» → нажмите «+» → «Настроить сетку». В «Интервал» укажите шаг в метрах (например, 5000 м для карты области). Настройте оформление линий, подписи координат.

○ *Название карты:* кнопка «Добавить надпись». Введите текст, например, «Карта интегрального экологического риска (г. Калининград, 2024 г.)», настройте шрифт.

○ *Дополнительные элементы:* добавить стрелку севера, выходные данные (ФИО студента, группа, год).

4. *Экспорт макета.*

○ Меню «Макет» → «Экспорт в изображение» (или PDF). Выберите разрешение (300 dpi для печати). Сохраните файл, например, *Карта\_риска\_2024.png* (рисунок 1)

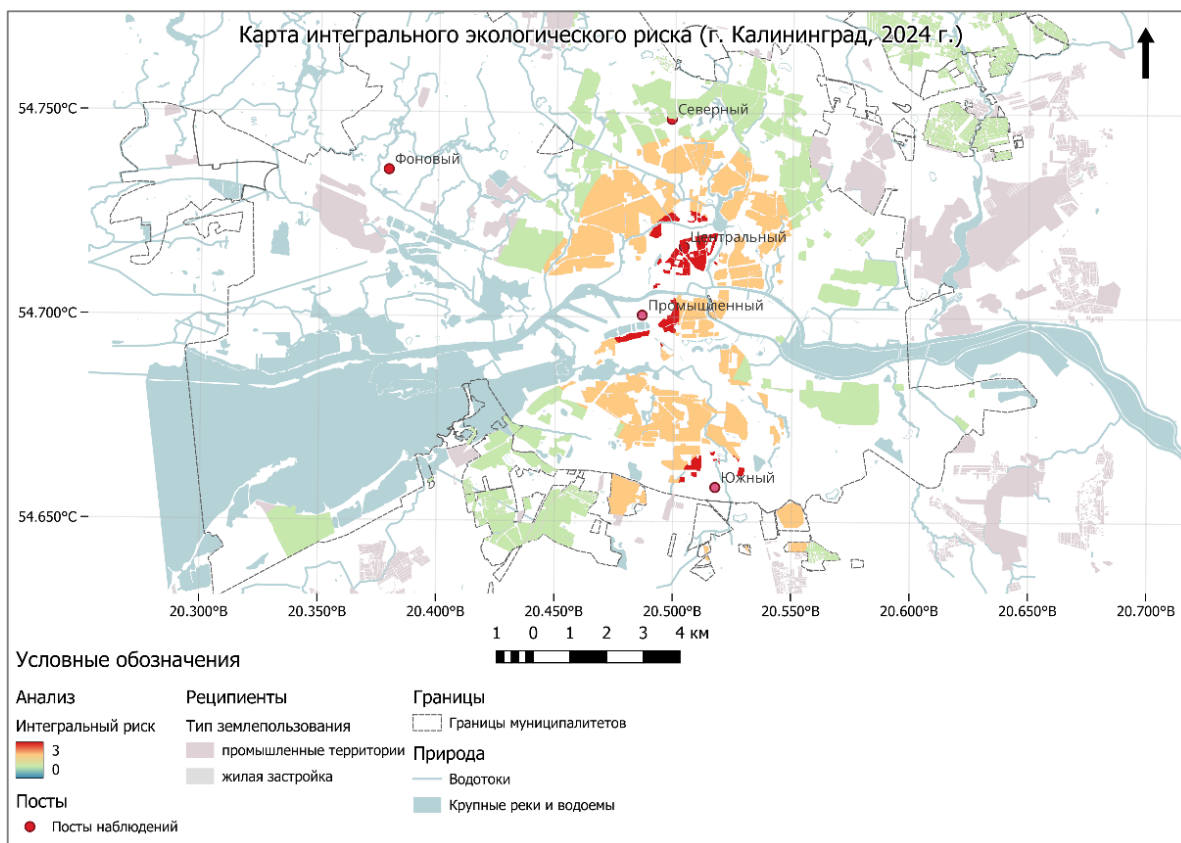


Рисунок 1 – Пример подготовленного макета

**Интерпретация результатов:** создан готовый картографический материал, который можно вставить в отчёт. Карта наглядно показывает пространственное распределение зон различного риска, позволяя лицу, принимающему решение, быстро оценить ситуацию.

#### **Задание 4.4. Подготовка аналитической записки и итоговых выводов**

**Задача:** на основе всех выполненных расчётов (блоки 1–4) сформулировать развёрнутые выводы, включив в них числовые показатели (площади зон, количество зданий в зонах риска, значения концентраций и т.п.). Подготовить краткую аналитическую записку.

**Методический подход:** выводы должны быть конкретными, с указанием цифр и пространственной привязкой. Например: «Установлено, что 15 % территории города попадает в зону высокого риска, где проживает около 30 тыс. человек. Наибольший вклад в риск вносят посты с высоким ИЗА, расположенные в промышленной зоне».

#### **Последовательность действий:**

##### **1. Сбор итоговых статистик:**

○ Используйте атрибутивные таблицы полученных слоёв (например, *зон\_стат\_муниц\_NO2*, *residential\_1km\_result* с площадями и количеством зданий).

○ При необходимости экспортируйте таблицы в Excel для визуализации и агрегирования.

## 2. *Формулировка выводов:*

○ Опишите, сколько постов попало в категорию «высокий ИЗА» и где они расположены.

○ Приведите суммарную площадь зон превышения ПДК по NO<sub>2</sub>.

○ Укажите количество жилых зданий и площадь жилой застройки в 1-км и 3-км буферных зонах.

○ Приведите доли территории муниципалитетов, попадающие в буферные зоны.

○ Сформулируйте рекомендации (например, «целесообразно провести дополнительный мониторинг в зонах высокого риска»).

## 3. *Оформление:*

○ Создайте в проекте QGIS текстовую заметку или сохраните выводы в отдельном текстовом файле.

○ Можно также добавить таблицу с итоговыми цифрами непосредственно в компоновку карты.

### **Результат работы:**

По итогам выполнения всех заданий темы 3 «Прикладной пространственный анализ экологических данных в QGIS» студент предоставляет следующий комплект материалов:

#### 1. *Файл проекта QGIS (ecol\_monitoring.qgz), содержащий:*

○ Корректно настроенную систему координат проекта EPSG:21004 (GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E).

○ Все созданные и импортированные слои, организованные в логические группы («Подложки», «Посты», «Буферы», «Интерполяция», «Зоны риска» и т.д.).

○ Настроенную символику для всех слоёв (цветовые шкалы для растров, уникальные знаки для категорий постов, прозрачность для буферных зон).

○ Сохранённую компоновку карты (вкладка «Менеджер макетов») с итоговой картой интегрального риска, содержащей все обязательные элементы: заголовок, легенду, масштабную линейку, координатную сетку, условные обозначения, выходные данные (автор, год).

2. *Файл базы геоданных GeoPackage (ecol\_monitoring.gpkg), содержащий все созданные векторные слои:*

○ *Посты\_наблюдений* (с атрибутами *ИЗА\_2024*, *Кат\_ИЗА\_2024*, *NO2\_мг\_м3*).

○ *1км\_повышенный\_ИЗА* и *3км\_повышенный\_ИЗА* (буферные зоны).

○ *buildings\_centroids* (центроиды зданий для подсчёта).

○ *зоны\_превыш\_NO2* (полигоны превышения ПДК по NO<sub>2</sub>).

○ *residential\_1km\_result* (участки жилой застройки в буферных зонах с рассчитанными площадями).

○ *oopt\_3km* (участки ООПТ, попавшие в буферные зоны, при наличии пересечений).

○ *Результаты зональной статистики* (например, *зон\_стат\_1км\_NO2*, *зон\_стат\_муниц\_NO2*).

3. Набор растровых слоёв (формат GeoTIFF), сохранённых в рабочей папке:

○ *NO2\_IDW\_2024.tif* – исходный растр интерполяции.

○ *NO2\_IDW\_clipped.tif* – растр, обрезанный по границам муниципалитетов.

○ *NO2\_превыш.tif* – бинарный растр зон превышения ПДК.

○ *buf\_risk\_priority.tif* – итоговый растр фактора «близость к источникам» (значения 0, 2, 3).

○ *прев\_риск.tif* – растр фактора «превышение ПДК» (значения 0, 3).

○ *resid\_risk.tif* – растр фактора «жилая застройка» (значения 0, 3).

○ *integral\_risk.tif* – итоговый растр интегрального риска (до классификации).

○ *Классифицированный растр или векторный слой зон риска.*

4. *Экспортированная картографическая композиция в формате высокого разрешения (PNG, JPEG или PDF), например, Карта\_риска\_2024.png.*

5. *Текстовый файл с выводами (Выводы\_тема3.docx или аналогичный), содержащий не менее 10–15 развёрнутых аналитических выводов, подтверждённых числовыми значениями, полученными в ходе анализа. Примеры выводов:*

○ «В 1-километровую зону вокруг трёх постов с высоким ИЗА попадает 45 жилых зданий общей площадью 3,2 га».

○ «Зона превышения ПДК по диоксиду азота (NO<sub>2</sub>) составляет 2,8 км<sup>2</sup>, что включает территорию двух густонаселённых микрорайонов».

○ «Наибольшая доля территории, подверженной воздействию (18% площади), зафиксирована в городском округе «Калининград», наименьшая – в Зеленоградском районе (1,5%)».

○ «Построенная карта интегрального риска позволила выделить 4 зоны очень высокого риска, требующие первоочередных природоохранных мероприятий».

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Почему для территории Калининградской области была выбрана система координат EPSG:21004 (GSK-2011 / Gauss-Kruger CM 21E)? Какие искажения возникают при использовании глобальной системы WGS-84 для измерения расстояний и площадей?

2. Опишите пошаговый алгоритм импорта точечных данных из Excel (CSV-файла) в QGIS. Какие параметры (разделитель, десятичный разделитель, поля X/Y, система координат) необходимо правильно указать?

3. Для чего в задании 2.1 выполнялось соединение атрибутивной таблицы слоя постов с таблицей результатов ИЗА?

4. Каким образом в QGIS можно отобрать объекты по атрибутивному условию (например, все посты с категорией «Высокий»)? Перечислите не менее двух способов.

5. Опишите алгоритм создания буферных зон заданного радиуса. Почему критически важно, чтобы проект и слой находились в проекции, минимизирующей искажения расстояний (например, EPSG:21004)?

6. Как с помощью инструментов QGIS подсчитать количество зданий (точечных объектов), попадающих в буферную зону? Какой инструмент для этого используется?

7. Опишите последовательность действий для расчёта суммарной площади жилой застройки, попавшей в 3-километровые буферные зоны. Какие инструменты («Пересечение», «Калькулятор полей», «Агрегировать») и в каком порядке применяются?

8. В чём заключается суть метода пространственной интерполяции IDW? Какой параметр (коэффициент степени P) влияет на результат и что он означает?

9. Зачем после выполнения интерполяции IDW мы выполняли обрезку растра по маске (слой *admin\_municipalities*)? Какой инструмент для этого используется?

10. Каким образом на основе интерполяционного растра создаются изолинии равных концентраций? Как настроить подписи изолиний на карте?

11. Как в *Калькуляторе растров* выделить ячейки, значения которых превышают заданный порог (например, ПДК)? Как затем преобразовать полученный бинарный растр в векторный слой полигонов?

12. С какой целью в задании 4.1 мы заменяли значения NoData на числовые индикаторы (-9999, 0)? Какие проблемы это позволяет решить при работе с *Калькулятором растров*?

13. Опишите алгоритм объединения двух растров буферных зон (1 км и 3 км) с приоритетом ближней зоны. Какое выражение в *Калькуляторе растров* для этого использовалось?

14. Какие факторы были выбраны для построения интегральной карты риска? Обоснуйте, почему каждый из них важен для комплексной оценки экологической ситуации.

15. Как в *Калькуляторе растров* выполняется взвешенное суммирование нескольких растровых факторов? Приведите пример выражения с весовыми коэффициентами.

16. Каким образом на основе непрерывной поверхности интегрального риска (например, со значениями от 0 до 5) создать классифицированную карту с категориями «низкий», «средний», «высокий» риск?

17. Перечислите обязательные элементы, которые должна содержать итоговая картографическая композиция (макет) для аналитического отчёта. Какие настройки необходимо выполнить при экспорте карты для печати?

18. Как с помощью инструмента «*Зональная статистика*» рассчитать среднюю концентрацию загрязняющего вещества в пределах каждого муниципалитета? Для каких практических задач может быть полезен этот результат?

19. В чём различие между операциями «*Пересечение*» (*Intersection*) и «*Объединение*» (*Union*) в контексте оверлейного анализа? В каком случае в работе применялось «*Пересечение*»?

20. Предложите дополнительный фактор (помимо трёх использованных), который можно было бы включить в интегральную оценку экологического риска для вашей территории. Как бы вы подготовили соответствующий растровый слой и какой весовой коэффициент ему бы присвоили?

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате освоения дисциплины «Цифровые технологии профессиональной деятельности» у магистранта формируется целостный комплекс знаний, умений и практических навыков, составляющих основу цифровой компетентности современного специалиста в области экологии, природопользования и климатической безопасности. Курс обеспечивает переход от понимания роли цифровизации к овладению конкретным инструментарием для преобразования данных в аналитически обоснованные решения.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- принципы и архитектуру цифровой экосистемы в сфере охраны окружающей среды, включая государственные информационные системы (ФГИС «Наша природа», реестры объектов НВОС);
- современные стандарты, методы сбора, валидации и обеспечения качества экологических данных на всех этапах их жизненного цикла;
- методологию многомерного и пространственно-временного анализа данных экологического мониторинга для выявления трендов, корреляций и оценки соответствия нормативам;
- принципы проектирования реляционных баз данных для систематизации экологической информации и построения аналитических запросов;
- методы геоинформационного моделирования и анализа (буферизация, оверлейные операции, интерполяция) для оценки зон воздействия, картирования рисков и поддержки территориального планирования.

**Уметь:**

- применять инструменты MS Excel (сводные таблицы, сложные формулы) для структурирования, агрегации, расчёта нормативных показателей и визуализации данных мониторинга;
- проектировать структуру базы данных в MS Access, настраивать связи и целостность данных, формировать запросы для решения типовых аналитических задач;
- выполнять в QGIS последовательность операций пространственного анализа (построение буферных зон, пересечение слоёв, расчёт площадей) для оценки антропогенной нагрузки на конкретные территории (например, жилую застройку);
- интегрировать результаты, полученные в различных программных средах (Excel, Access, QGIS), в единый аналитический отчёт или картографическую модель;

- критически интерпретировать результаты цифровой обработки, формулировать содержательные выводы и практические рекомендации для поддержки управленческих решений в области ОВОС, разработки СЗЗ и снижения экологических рисков.

**Владеть:**

- навыками работы с современным профессиональным программным обеспечением (MS Excel, MS Access, QGIS) как единым инструментальным комплексом для эколога-аналитика;

- технологиями подготовки, обработки, анализа и визуализации многомерных массивов экологических данных;

- методами пространственного анализа и картографического представления информации для задач экологической оценки и коммуникации с различными аудиториями;

- навыками самостоятельного освоения новых цифровых инструментов и оценки их применимости для решения актуальных профессиональных задач в условиях непрерывной цифровой трансформации отрасли.

Освоение дисциплины обеспечивает формирование ключевых цифровых компетенций, необходимых для эффективной проектной, экспертной и исследовательской деятельности. Выпускник способен осуществлять аналитическое сопровождение природоохранных решений на основе данных, что повышает его конкурентоспособность и востребованность в государственных органах, научно-исследовательских институтах, экологических службах предприятий и консалтинговых компаниях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература:

1. Бурнаева, Э. Г. Обработка и представление данных в MS Excel / Э. Г. Бурнаева, С. Н. Леора. – 4-е изд., стер. – СанктПетербург: Лань, 2023. – 156 с. – ISBN 978-5-507-47168-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/336185> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мамедли, Р. Э. Системы управления базами данных: учебник для вузов / Р. Э. Мамедли. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 228 с. – ISBN 978-5-507-48729-5. – Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/394526> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Нарожняя, А. Г. ГИС-анализ: учебное пособие / А. Г. Нарожняя, М. Е. Родионова, Я. В. Выродова. – Белгород: НИУ БелГУ, 2023. – 108 с. – ISBN 978-5-9571-3527-2. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399401> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература:

1. Семенов, А. Г. Введение в информационные технологии. Практикум : учебное пособие / А. Г. Семенов, Е. С. Громов, Т. В. Чаплыгина. – Кемерово : КемГУ, 2024 – Часть 1 : Офисные технологии – 2024. – 191 с. – ISBN 978-5-8353-3273-1. – Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/427523> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кузьменко, И. П. Информационные технологии в АПК : учебник / И. П. Кузьменко. – Ставрополь : СтГАУ, 2024. – 124 с. – Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/462143> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Терехин, Э. А. Геоинформационная обработка данных дистанционного зондирования с использованием программы QGIS : учебное пособие / Э. А. Терехин, А. Г. Нарожняя. – Белгород : НИУ БелГУ, 2023. – 78 с. – ISBN 978-5-9571-3447-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399455> (дата обращения: 21.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Локальный электронный методический материал

Андрей Викторович Алдушин

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Редактор И. Голубева*

Уч.-изд. л. 9,4. Печ. л. 8,4.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1