Лабораторна робота №6

ТЕМА: Моделювання змішування стічних вод у річці та оцінка відповідності гранично допустимим концентраціям за допомогою Microsoft Excel

Мета роботи:

- Навчитися застосовувати **електронні таблиці Excel** для екологічних розрахунків.
- Освоїти метод **масового балансу** при змішуванні водних потоків.
- Уміти розраховувати змішану концентрацію забруднювача, добові навантаження та частку внеску кожного джерела у загальне забруднення.
- Навчитись візуалізувати екологічні дані за допомогою **графіків та умовного форматування**.

Умова задачі.

У річку впадають два промислові скиди, які містять розчинений забруднювач (наприклад, нітрати або фосфати).

Відомі щоденні дані протягом 14 днів:

Параметр	**Позначення**	**Одиниця виміру**	**Опис**
Витрата річки	Q_r	м³/с	об’єм води, що проходить за секунду через поперечний переріз річки
Концентрація у річці	C_r	мг/л	фоновий рівень забруднювача
Витрата скиду 1	Q_1	м³/с	об’єм води, який скидає перше підприємство
Концентрація у скиді 1	C_1	мг/л	концентрація забруднювача у стічних водах 1-го скиду
Витрата скиду 2	Q_2	м³/с	об’єм води другого скиду
Концентрація у скиді 2	C_2	мг/л	концентрація забруднювача у стічних водах другого скиду

Необхідно:

- розрахувати **змішану концентрацію** забруднювача Cmix у контрольній точці нижче за місце впадіння скидів;
- визначити, **в які дні відбувається перевищення ГДК (0,30 мг/л)**;
- оцінити **внесок кожного джерела** у загальну масу забруднювача;
- зробити висновок щодо екологічного стану річки та запропонувати заходи зменшення впливу.

Ми моделюємо, **як змінюється концентрація забруднювача в річці після змішування** трьох потоків:

- самої річки (фон),
- першого скиду,
- другого скиду.

Кожен потік має свою **витрату (Q)** у м³/с і **концентрацію (C)** у мг/л.

Після змішування ми можемо:

1. дізнатися, яка концентрація в суміші (**C_{mix}**);
2. перевірити, чи перевищує вона **гранично допустиму концентрацію (Limit = 0.30 мг/л)**;
3. оцінити **масу речовини (навантаження)**, яку кожен потік приносить у річку (у кг/добу);
4. визначити **внесок (%) кожного джерела** у загальне забруднення;
5. побачити все це на графіках.

У річку впадають два скиди (№1 і №2). Відомі добові дані за 14 днів: витрата річки Q_r, фонова концентрація C_r, витрати й концентрації у двох скидах Q_1, C_1, Q_2, C_2.
Потрібно:

1. Для кожного дня розрахувати змішану концентрацію вниз за течією:

$$C_{\text{mix}} = \frac{Q_r C_r + Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_r + Q_1 + Q_2}$$

2. Порівняти C_{mix} з **гранично допустимою концентрацією** (ГДК) — 0.30 мг/л: визначити дні перевищень і їх частку.
3. Оцінити внесок у **масу забрудника (кг/добу)** кожного потоку:

$$\text{Load} = C\ (\text{мг/л}) \times Q\ (\text{м}^3/\text{с}) \times 0.0864$$

4. Обчислити відносні частки внеску (ріка / скид 1 / скид 2) у загальне навантаження.
5. Побудувати:
   – лінійний графік C_{mix} vs ГДК;
   – стовпчикову діаграму часток внеску (stacked).

У файлі бачите:

- Аркуш **Data** з готовою 14-денною вибіркою (дата, $Q_r, C_r, Q_1, C_1, Q_2, C_2$).
- Формули Excel у стовпцях:
  - H (Cmix): `=(B2*C2 + D2*E2 + F2*G2)/(B2 + D2 + F2)`
  - I (Limit): зафіксовано 0.30
  - J (Exceed?): `=IF(H2>I2,"Yes","No")`
  - K–M (Load_r/1/2): `=C*Q*0.0864` (перевід у кг/добу)
  - N–P (Share_r/1/2): частки `=Load_x / SUM(Load_r:Load_2)`
- **Узагальнення** внизу (AVERAGE/MAX/MIN Cmix, % перевищень).
- **Два графіки**:
  - «Cmix vs Limit» (лінії + маркери),
  - «Load Contribution Shares» (stacked column).
- **Умовне форматування**: перевищення виділяються червоним.

Відкрийте файл і на аркуші **Data** змінюйте вихідні дані у стовпцях **B–G** (витрати/концентрації).

Усі результати (H–P), підсумки і графіки оновляться автоматично.

Для сценарного аналізу: зменшите, наприклад, C_1 на 20% (у всіх рядках або частині) і порівняйте **% Exceed**; або змініть ліміт у колонці I (якщо потрібно проаналізувати іншу ГДК).

У скількох днях зафіксовано перевищення ГДК?

Хто головний «драйвер» перевищень — скид 1 чи скид 2?

Які комбінації Q і C найчастіше ведуть до перевищень?

Який ефект дає зниження C1 на 10–30% (побудуйте кілька сценаріїв)?

Позначення	Формула	Що означає
B – Qr	—	Витрата річки ($м^3/с$) — скільки води протікає.
C – Cr	—	Фонова концентрація забрудника у самій річці.
D – Q1, E – C1	—	Витрата і концентрація забрудника у **першому скиді**.
F – Q2, G – C2	—	Витрата і концентрація у **другому скиді**.
H – Cmix	`=(B2*C2 + D2*E2 + F2*G2)/(B2 + D2 + F2)`	Розрахунок **змішаної концентрації** після злиття трьох потоків. Формула — баланс мас: (сума всіх потоків речовини) / (загальна витрата).
I – Limit	0.30	**Гранично допустима концентрація** (ГДК), встановлена нормативами.
J – Exceed?	`=IF(H2>I2,"Yes","No")`	Якщо $Cmix > Limit$ → "Yes" (перевищення), інакше "No".
K – Load_r	`=C2*B2*0.0864`	**Маса забрудника від річки**, кг/добу. Переведення: мг/л × $м^3/с$ × 0.0864 = кг/добу.
L – Load_1	`=E2*D2*0.0864`	Маса забрудника від **першого скиду**.
M – Load_2	`=G2*F2*0.0864`	Маса від **другого скиду**.
N – Share_r	`=Load_r/SUM(Load_r:Load_2)`	Частка (%) внеску річки у загальне навантаження.
O – Share_1	`=Load_1/SUM(Load_r:Load_2)`	Частка (%) внеску першого скиду.
P – Share_2	`=Load_2/SUM(Load_r:Load_`	Частка (%) другого скиду.

Узагальнення внизу таблиці

Показник	Формула	Значення
Avg Cmix	`=AVERAGE(H2:H15)`	Середнє значення змішаної концентрації за період.
Max Cmix	`=MAX(H2:H15)`	Найвища концентрація (найгірший день).
Min Cmix	`=MIN(H2:H15)`	Найнижча концентрація (найкращий день).
% Exceed	`=COUNTIF(J2:J15,"Yes")/14`	Частка днів із перевищенням ГДК.

Графіки

1. **«Cmix vs Limit»**
   - По осі X — дата, по осі Y — концентрація.
   - Показує фактичні $Cmix$ (чорна лінія) і горизонтальну межу $Limit$ (червона лінія).
   - Якщо лінія $Cmix$ піднімається вище межі → перевищення.
2. **«Load Contribution Shares» (стовпчиковий, stacked)**
   - Кожен стовпчик — день.
   - Різнокольорові частини показують **долю річки, скиду 1 і скиду 2** у сумарному забрудненні (%).
   - Візуально видно, хто робить найбільший внесок у забруднення.

Умовне форматування

- У колонці **H (Cmix)** і **J (Exceed?)** Excel автоматично фарбує перевищення червоним кольором.
- Там, де $Cmix > 0.30$, відповідний день виділяється червоним.
- Це дає змогу швидко бачити дні з порушенням норм.

Як інтерпретувати результати

- Якщо більшість значень $Cmix$ нижчі за 0.30 → вода відповідає стандартам.
- Якщо часто є «Yes» у колонці **Exceed?**, потрібно зменшити концентрації або витрати скидів.
- Якщо у **Share_1 або Share_2** найбільші відсотки → саме ці джерела найбільше впливають на забруднення.