

УДК 351.79+519.237.8/911.6+504.4

Районування гірської ріки для цілей цивільного захисту та екологічної безпеки (на прикладі р. Тисмениця)

Ю.М. Рак*, В.В. Карабин*, В.І. Мірненко**

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

*** Національний університет оборони України імені Івана Черняховського*

Анотація

Захист та безпека джерел питного водопостачання безпосередньо залежить від ефективності управління річковими системами. Особливо це актуально у період збройного конфлікту. В Україні на зміну адміністративно-територіальному було впроваджено басейновий принцип управління водними ресурсами, який дає змогу цілісного управління річковим басейном. Водночас, річка є неоднорідною уздовж русла, відтак виникає необхідність її районування з метою підвищення ефективності управління якістю вод. У статті розглядаються результати районування русла р. Тисмениця методом ієрархічного кластерного аналізу. Обґрунтоване районування русла ріки дає змогу створювати гнучкі та адресні системи запобігання зниженню рівня екологічної безпеки та виникненню надзвичайних ситуацій. Фактичним матеріалом для кластерного аналізу слугували результати моніторингових досліджень авторів упродовж 4-х років. Аналітичні дослідження здійснено стандартними методами в лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. На підставі отриманих результатів кластерного аналізу макрокомпонентів обґрунтовано виділення трьох ділянок річки: верхньої, середньої і пригирлової, а за результатами кластерного аналізу вмісту забруднюючих компонентів – двох ділянок: пригирлової та верхньої і середньої. Обґрунтовано зв'язок між геологічною будовою території досліджень та зміною макрокомпонентного складу вод річки. Подано рекомендації для служб цивільного захисту щодо використання результатів наведених у статті досліджень. Визначено напрями подальших

досліджень. Результати досліджень, що опубліковано в статті, будуть корисні для фахівців Державної служби України з надзвичайних ситуацій, підрозділів Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, басейнових рад рік, науковим та науково-педагогічним працівникам технічних та природничих наукових напрямів.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, кластерний аналіз, хімічний склад вод, управління ризиками.

Summary

The protection and safety of drinking water sources directly depend on the effectiveness of river systems management. In Ukraine, the basin principle of water resources management was introduced to replace the administrative and territorial one. The article deals with the results of zoning of the Tysmenytsia village riverbed by the method of hierarchical cluster analysis. Reasonable zoning of the riverbed makes it possible to create flexible and targeted systems to prevent the reduction of environmental safety and the occurrence of emergencies. The actual material for cluster analysis was the results of monitoring studies of the authors for 4 years. Analytical research was carried out using standard methods in the Laboratory of Ecological Safety of Lviv State University of Life Safety. Based on the obtained results of cluster analysis of macro-components, the selection of three sections of the river is substantiated: upper, middle and estuarine, and based on the results of cluster analysis of pollutant components: two sections as the estuary and upper and middle sections. The connection between the geological structure of the research area and changes in the macro-component composition of river waters is substantiated. Recommendations are given for civil protection services to use the results of the research presented in the article. The directions of further researches are defined. The results of the research published in the article will be useful for specialists of the State Service of Ukraine in Emergencies, Departments of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources, Basin Councils of Ukraine, scientific and scientific-pedagogical workers of technical and natural science areas.

Keywords: emergency, cluster analysis, chemical composition of waters, risk management.

1. Постановка проблеми в цілому та її зв'язок з актуальними науковими та практичними задачами

Водні ресурси в багатьох країнах Європи знаходяться під загрозою забруднення, що призводить до виникнення суттєвих проблем в деяких регіонах з надмірною експлуатацією і недостатньою якістю та кількістю вод. Найбільші проблеми виникають у випадку забруднення гірських річок, які часто є джерелами питного водопостачання. Забруднення річкових систем, особливо вуглеводневими сполуками, призводить не тільки до порушення екологічної рівноваги екосистем, зниження рівня екологічної безпеки, а й до створення передумов виникнення надзвичайних ситуацій [1-3].

Управління річковими системами в Україні здійснюють за басейновим принципом. Цей принцип має багато переваг у порівнянні з територіально-адміністративним, який мав місце у минулому столітті. Водночас, параметри вод річки не є однорідними по всій довжині її русла. Відтак виникає необхідність до обґрунтованого районування річки, з метою більш адресного управління її окремими ділянками.

Відомості про хімічний склад вод р. Тисмениця, їх екологічну оцінку наявні у працях В.В. Бабієнко, П.Г. Дригулича, П.С. Лозовіцького, М.І. Павлюка, Р. Паньківа, О.І. Романюка, В.К. Хільчевського та інших. Втім, гідрохімічний склад р. Тисмениця розглядається у цих працях або у контексті басейну р. Дністер, тобто у регіональному масштабі [4-6], або у контексті забруднення території м. Борислав [7, 8], або у контексті буріння нафтогазової свердловини Південнобориславська 1 [9]. У цитованих працях відсутня деталізація змін хімічного складу вод р. Тисмениця уздовж її русла. Також автори не знайшли публікацій стосовно районування р. Тисмениця та аналізу р. Тисмениця в аспекті загроз виникнення надзвичайних ситуацій.

Мета дослідження полягає у районуванні р. Тисмениця, що дасть змогу створити гнучкі та адресні системи запобігання зниженню рівня екологічної безпеки та виникненню надзвичайних ситуацій.

2. Методи дослідження

Авторами здійснено моніторингові дослідження вод р. Тисмениця у 8-х пунктах спостереження та 4-х верхніх приток річки у період 2014-2017 рр. У цих пунктах спостереження проби води відбирались 4 рази на рік: зимою, весною, літом та восени. Відбір зимою та літом здійснювали у найбільш меженний період, а весною і літом у найбільш повноводний.

Аналітичні дослідження проведені в лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Вміст хлоридів (Cl^-) [10], гідрокарбонатів (HCO_3^-) [11], кальцію (Ca^{2+}) [10] і магнію (Mg^{2+}) [10] визначався методом титрування. Зокрема: хлориди – з нітратом срібла в присутності хромату калію; гідрокарбонати – з соляною кислотою в присутності метилоранжу; кальцій і магній – з трилоном Б в присутності мурексиду та еріохрому чорного, відповідно. Сульфати (SO_4^{2-}) визначались ваговим методом (осадження нітратом барію з подальшим прожарюванням осаду) згідно з КНД 211.1.4.026-95. Вміст натрію (Na^+) і калію (K^+) розраховували за балансом еквівалентів. Інші аніони (нітрати (NO_3^-) [12] та нітрити (NO_2^-) [13]) визначались фотоколориметричним методом, а саме: вміст нітратів – взаємодією з розчином саліцилату натрію у сірчанокиислому середовищі; нітритів – з реактивом Грісса. Визначено виключно розчинні форми іонів.

Дані лабораторних досліджень опрацьовані статистичними методами. Районування русла ріки здійснено методом ієрархічного кластерного аналізу. При цьому використано Евклідову відстань, яка є геометричною відстанню в багатовимірному просторі й обчислюється за такою формулою:

$$D = \sqrt{\sum_i (x_i - y_i)^2}.$$

Процедуру кластеризації проведено двічі: методом одиночного зв'язку та методом повного зв'язку.

У випадку методу одиночного зв'язку (найближчого сусіда) відстань між кластерами X і Y обчислюється за формулою:

$$D(X, Y) = \min_{x \in X, y \in Y} d(x, y)$$

де – відстань між $x \in X$ та $y \in Y$; X, Y – різні кластери.

У випадку методу повного зв'язку (найвіддаленішого сусіда) відстань обчислюється за формулою:

$$D(X, Y) = \max_{x \in X, y \in Y} d(x, y)$$

2. Об'єкт дослідження. Басейн річки Тисмениця знаходиться у межах Бориславського нафтопромислового району – одного з найстаріших нафтовидобувних районів Європи. Нафту на цій території видобувають з ПХ ст. за допомогою ям-копанок. У 1893 р. розпочато буріння свердловин канатним способом. У результаті майже півторастолітнього нафтовидобутку територія в околицях Борислава вкрита сотнями нафтових шурфів, копанок, свердловин, що створило передумови виникнення екологічної катастрофи.

За фізико-географічним районуванням Й.Р. Гілецького [14] район Дрогобицького передгір'я Передкарпатської групи природних районів визначено як, природно-географічний район Дрогобицька височина Прибескидського (північно-західного) Передкарпаття. Витоки р. Тисмениця, належать до природно-географічної підобласті Українських Бескидів.

Геологічне середовище досліджуваного району складають юрські, крейдові, палеогенові і четвертинні породи.

Витоки р. Тисмениця знаходяться у межах виходу на поверхню порід стрийської світи крейдової системи. Далі, до с. Мражниця, ріка тече по території розповсюдження порід палеогену, а від с. Мражниця і далі русло ріки та четвертинні відклади підстеляють породи неогену [15, 16]. Таким чином, на хімічний склад р. Тисмениця впливають породи крейдової, палеогенової та найбільше неогенової систем.

3. Результати досліджень та їх обговорення. Ріка Тисмениця з притоками характеризується значною мінливістю хімічного складу у різних її частинах. Мінералізація вод зростає вниз за руслом річки [9,17].

3.1. Районування р. Тисмениця за макрокомпонентним складом вод. За результатами кластерного аналізу даних макрокомпонентів та загальної

мінералізації вод р. Тисмениця, нами здійснено районування русла ріки (з її притоками). Виділено три ділянки. Перша ділянка розбита на дві підділянки (рис.1.):

- 1 Верхня частина р. Тисмениця
 - 1.1. Притоки р. Тисмениці у її верхній частині
 - 1.2. Р. Тисмениця від витоків до міста Борислав
2. Середня частина р. Тисмениця (від м. Борислав до с. Вороблевичі)
3. Пригирлова ділянка р. Тисмениця

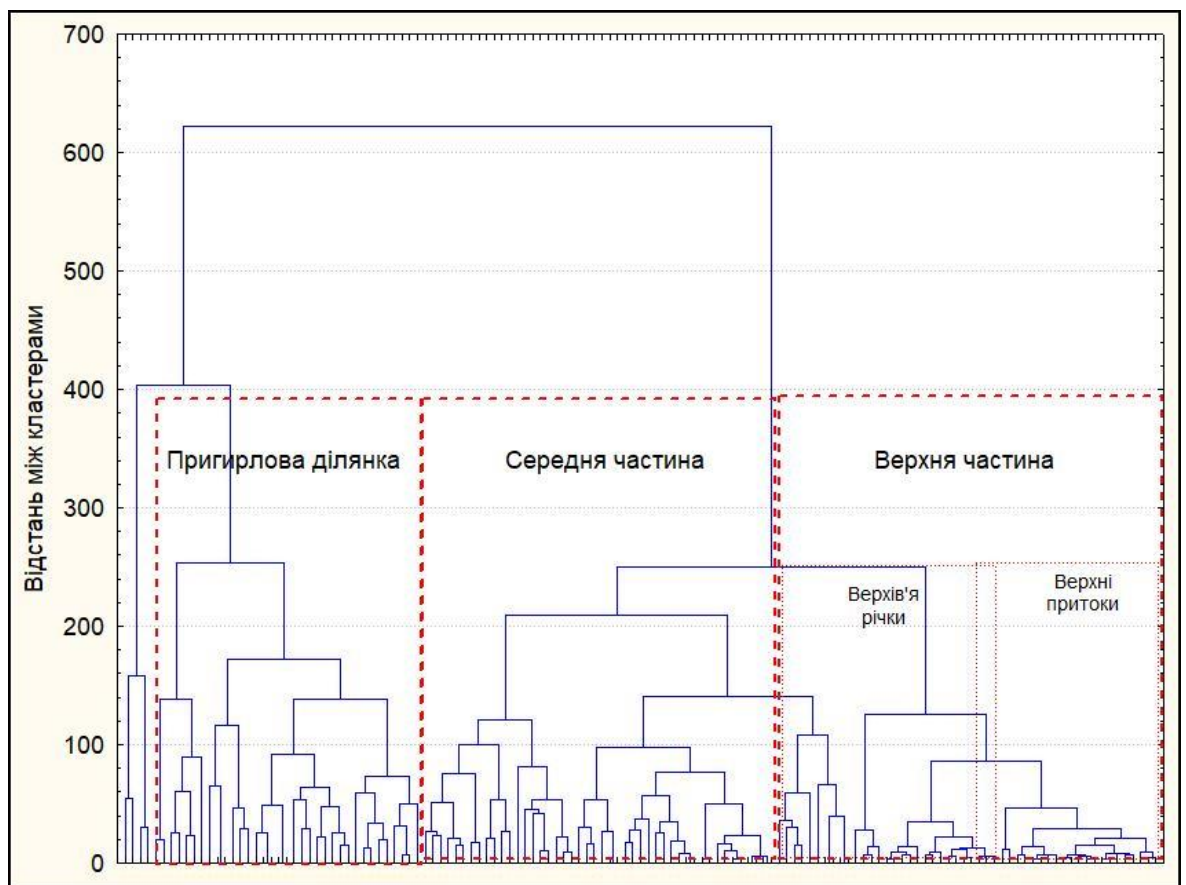


Рисунок 1. Дендрограма кластерного аналізу методом повного зв'язку параметрів макрокомпонентного складу вод р. Тисмениця

Як видно з дендрограми, межа між притоками р. Тисмениця і її витоків не є чіткою. Окремі проби води з приток р. Тисмениця потрапили в область проб води відібраних з верхньої частини самої річки. Також відстані між окремими кластерами середньої і верхньої частин ріки не є надто великими.

Виділені ділянки річки відповідають закономірностям зміни переважно головних природних компонентів вод, які у свою чергу значною мірою зумовлені геологічною будовою території досліджень (рис. 2).

Води приток р. Тисмениці у її верхній частині здебільшого характеризуються гідрокарбонатним кальцієво-магнієвим складом та середньою мінералізацією 207 мг/дм³.

Води р. Тисмениця, у верхній частині, характеризуються мінералізацією від 0,360 г/дм² до 0,585 г/дм² за середнього значення 0,450 г/дм².

Кількість сухого залишку верхньої частини р. Тисмениця є дещо більшою у порівнянні з таким показником у водах верхніх частин інших Карпатських рік [18, 19].

Води русла р. Тисмениця у верхній частині мають більшу мінералізацію (450 мг/дм²) та здебільшого сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий склад у порівнянні з водами приток, які характеризуються гідрокарбонатним кальцієво-магнієвим складом та середньою мінералізацією 207 мг/дм². Слід зазначити, що русло верхньої частини р. Тисмениця сформоване відкладами стрийської світи верхнього відділу крейдової системи, ямненською, манявською, бистрицькою світами та нижньоменілітовою підсвітою палеогену, а також безпосередньо вище м. Борислав – поляницькою світою та нижньоворотиченською підсвітою нижнього відділу неогену. Відклади стрийської світи крейдової системи та поляницька світа неогену характеризуються підвищеною карбонатністю, нижньоменілітова підсвіта – високим вмістом органічних речовин, а нижньоворотиченська підсвіта неогену містить соленосні глини з прошарками пісковика з кам'яними і калійними солями [15]. Оскільки верхні притоки р. Тисмениця не протікають по породах верхнього палеогену та нижнього неогену, то їх хімічний склад буде суттєво різнитися від хімічного складу вод р. Тисмениця на ділянці вище м. Борислав.

Середня частина р. Тисмениця, яка охоплює міста Борислав та Дрогобич характеризується водами хлоридно-гідрокарбонатного кальцієво-натрієвого та

хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатного кальцієво-натрієвий складу. Мінералізація вод збільшується униз за руслом. Збільшення мінералізації води вниз за руслом загалом характерне для більшості річок, особливо на ділянках інтенсивного техногенного впливу [18-20]. Найінтенсивніше мінералізація вод зросла на ділянці впливу м. Борислав. Мінералізація вод на цьому відрізку зросла насамперед внаслідок збільшення вмісту хлоридів, сульфатів та іонів натрію і калію та магнію. Збільшення кількостей цих компонентів вод, що може мати як природне так і техногенне походження. Техногенне пов'язане з надходженням високо мінералізованих вод, які дренують Бориславське озокеритове родовище [21] та вод потічків у які потрапляють комунальні стоки та стоки Бориславської птахоферми. Природне – зі зміною геологічних умов, а саме, з дренаванням ріки та її приток соленосних відкладів воротищенської світи неогену.

Пригирлова ділянка р. Тисмениця характеризується водами хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатного кальцієво-натрієвого складу та мінералізацією від 627 до 1446 мг/дм³. Русло цієї частини річки підстеляють здебільшого породи дашавської світи нижньосарматського під ярусу неогену. Ця товща представлена здебільшого глинами та менше вапнистими алевролітами [15]. Відносна однорідність складу порід, які підстеляють русло у цій частині ріки, впливає на зменшення мінливості гідрохімічного складу вод, що у свою чергу відображається на кращій відокремленості груп кластерів на дендрограмі.

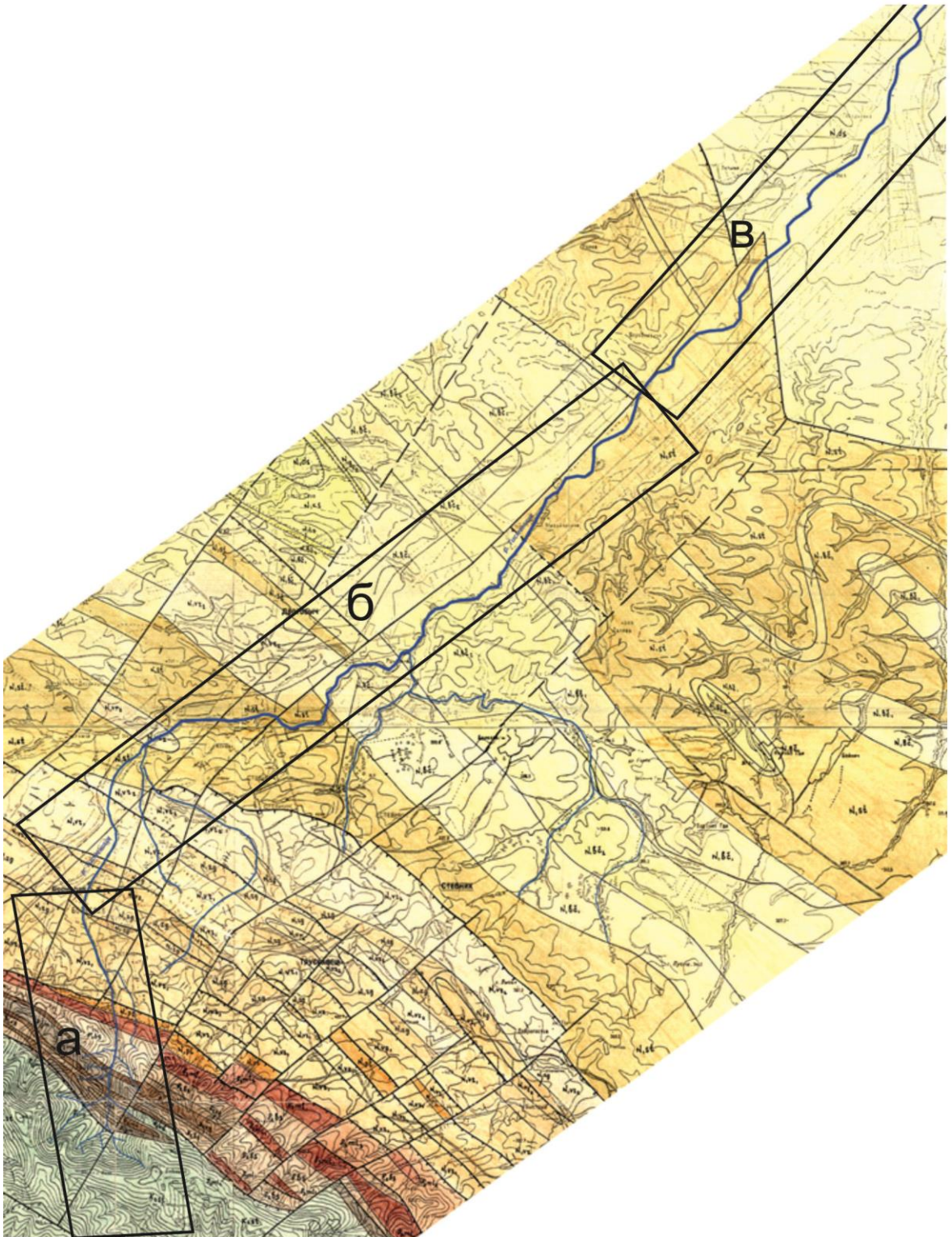


Рисунок 2. Фрагмент геологічної карти території басейну р. Тисмениця: а – верхня частина, б – середня частина, в – пригірлова ділянка.

3.2. Районування р. Тисмениця за головними забруднюючими компонентами вод. Наступною частиною нашого дослідження була спроба кластеризації вод ріки за вмістом головних забруднюючих компонентів:

нітратів, нітритів, фенолів, нафтопродуктів та показника хімічного споживання кисню. Ці параметри відображають техногенний вплив на гідрохімічний склад ріки. Контроль таких параметрів є важливим, як для цілей цивільного захисту так і екологічної безпеки.

За результатами кластерного аналізу методом повного зв'язку (рис.3) нам вдалося виокремити лише дві ділянки: пригирлову та верхню і середню. Розмежувати верхню і середню частини річки нам не вдалося, оскільки ознаки проб з цих ділянок, які ми виокремили за результатами кластерного аналізу макрокомпонентів, у випадку аналізу концентрації забруднювачів розташувалися у різних групах кластерів.

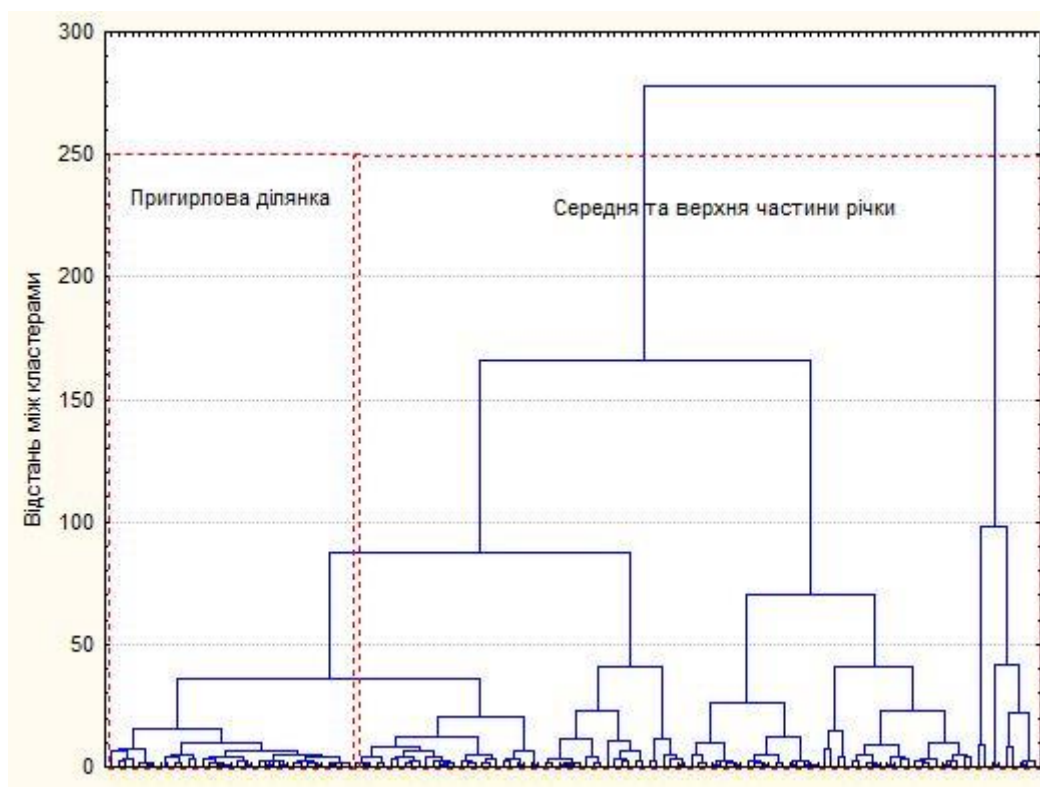


Рисунок 3. Дендрограма кластерного аналізу методом повного зв'язку концентрації забруднювальних компонентів вод р Тисмениця

Отримані результати вказують на певну хаотичність надходження забруднювачів у води ріки Тисмениця у територіальному аспекті. Такі процеси та явища здебільшого складно формалізувати, а висновки слід робити з врахуванням низки різноманітних чинників.

Управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних з катастрофічним забрудненням вод ріки Тисмениця, створення моделей забруднення тощо, доцільно здійснювати виокремивши дві ділянки: перша – верхня і середня частини ріки, друга – пригирлова ділянка р. Тисмениця.

4. Висновки та перспективи подальших досліджень

Річка Тисмениця з притоками характеризується значною мінливістю хімічного складу у різних її частинах. Мінералізація зростає вниз за течією. За результатами кластерного аналізу макрокомпонентів виділено три ділянки: верхню, середню і пригирлову.

За результатами кластерного аналізу вмісту забруднюючих компонентів у водах р. Тисмениця виділено дві ділянки: пригирлову та верхню і середню.

Врахування результатів представлених у статті досліджень є важливим для розроблення алгоритмів управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних з катастрофічним забрудненням вод ріки Тисмениця.

Подальші дослідження слід проводити у напрямі виявлення найнебезпечніших періодів часу, коли виникають умови для розвитку надзвичайних ситуацій, математичного та експериментального моделювання поширення вуглеводневого забруднення у воді та донних відкладах річки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаренко Е. Предложения по предупреждению чрезвычайных ситуаций, вызванных распространением антропогенных загрязнений в водной среде / Е. Азаренко, Ю. Гончаренко, М. Дивизинюк, Е. Иванов, В. Мирненко, А. Фаррахов // *Social development & Security*. – 2019. – № 9 (4). – С. 165 – 181. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.4.13>

2. Азаренко Е.В. Моделирование чрезвычайных ситуаций, вызванных нефтяным загрязнением на внутренних и внешних рейдах / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, Г.А. Черенькая // *Сб. науч. тр. НУЯЭиП*. – 2008. – № 3 (31). – С. 208 – 215.

3. Гончаренко Ю.Ю. Этапы развития чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением водной среды нефтепродуктами / Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, А.Н. Фурсенко, Г.А. Черненькая // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. – 2010. – № 2 (34).– С. 83 – 87.

4. Бабієнко В.В. Гієнічна оцінка джерел забруднення річки Дністер / В.В. Бабієнко, В.Ю. Левковська, С. О. Ганикіна // Одеський медичний журнал. – 2017. – №4 (162).– С. 64-67.

5. Паньків Р. Геохімічні особливості поверхневих вод басейну р. Дністер у межах України / Р. Паньків, М. Кость, В. Гарасимчук, О. Майкут, О. Мандзя, І. Сахнюк, Р. Козак, О. Пальчикова // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2015. – № 1-2.– С. 135-144.

6. Хільчевський В.К. Гідрологогідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, І.М. Ромась, М.А. Ромась, В.В. Гребінь, І.О. Шевчук, О.В. Чунарьов. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 184 с.

7. Дригулич П.Г. Проблеми урбанізованих територій під час розробки нафтогазових родовищ (на прикладі міста Борислава) / П.Г. Дригулич, А.В. Пукіш // Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 2.– С. 44–49.

8. Романюк О.І. Комплексний екологічний моніторинг нафтозабруднених територій на прикладі м. Борислава / О.І. Романюк, Л.З. Шевчик // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. – 2013. – № 5. – С. 19–22.

9. Павлюк М.І., Лазарук Я.Г., Карабин В.В. Геохімічні аспекти екологічної безпеки буріння нафтогазових свердловин на Південнобориславській площі Передкарпаття / М.І. Павлюк, Я.Г. Лазарук, В.В. Карабин // Геологія та геохімія горючих копалин. – 2016. – № 1–2. – С. 5 – 16.

10. Унифицированные методы исследования качества вод. Справочник. СЭВ Ч.1. – М.: Издательский отдел Управления делами Секретариата СЭВ, 1987. – 1244 с.

11. Методика выполнения измерений массовых концентраций гидрокарбонатных ионов в пробах природных, поверхностных вод суши

методом потенциметрического титрования // РД 52.24.24-86. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища, 1995. – 12 с.

12. Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою в поверхневих та біологічно очищених водах // КНД 211.1.4.027-95. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища, 1995. – 10 с.

13. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах // КНД 211.1.4.023-95. К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища, 1995. – 11 с.

14. Гілецький Й.Р. Природно-географічне районування Українських Карпат як основа оптимізації природокористування у регіоні / Й.Р. Гілецький // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2012. – № 612-613. – С. 28-32.

15. Герасімова І.І. Державна геологічна карта України, м-б 1:200000. Карпатська серія. Аркуш: М-34-XXIV (Дрогобич). ДП «Західукргеологія», 2009. Кн.1-текст. – 67 с.

16. Тріска М.Т. Щодо аналізу екологічних функцій літосфери Дрогобицько-Бориславської кільцевої структури (на підставі дешифрування космічних знімків та опрацювання медичних даних) / М.Т. Тріска, О.І. Колодій, В.В. Карабин, І.В. Попівняк // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. – 2004. – № 18. – С. 256-263.

17. Rak J., Karabyn V. Macrocomponents and nitrogen compounds in upper part of river Tysmenytsya. Resources of natural waters of the Carpathian region (Problems of protection and rational use). Scientific papers of 15-th International scientific conference (26-27 of May 2016). Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2016. P.124-125.

18. Карабин В.В. Закономірності зміни макрокомпонентного хімічного складу вод ріки Білий Черемош / В.В. Карабин // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – №1. – С. 114 –121.

19. Карабин В.В. Гідрохімія головних іонів вод р. Білий Черемош / В.В. Карабин // Геологія та геохімія горючих копалин. – 2013. – № 1–2. – С. 101 – 106.

20. Басов М.В. Комплексна оцінка якості малих річок на прикладі лівих приток річки Рось / М.В. Басов, Л.В. Сиса. // Вісник ЛДУ ББЖД. – 2015. – № 12. – С. 100 – 105.

21. Кречківська Г.В. Дослідження стічних та поверхневих вод відвалів Бориславського озокеритового родовища / Г.В. Кречківська // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 20. Біологія. – 2013. – № 5. – С. 174 – 181.