

ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

ІГН НАН України
академік НАН України,
ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ
код 08417182

 П.Ф. Рожик

«_____» 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ВОДООБМІН В ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ І ГЕОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

для аспірантів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	103 «Науки про Землю»
освітній рівень	доктор філософії
освітня програма	Геологія
спеціалізація	Цикл професійної підготовки
вид дисципліни	Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	1
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: Шестопалов Вячеслав Михайлович, академік НАНУ, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідуючий відділу гідрогеологічних проблем

Пролонговано: на 2021/2022 н.р.  (Шестопалов) «10» 06 2021 р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

© Шестопалов В.М., 2020 рік

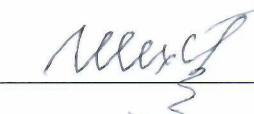
КИЇВ – 2020

Розробник:

Шестопалов Вячеслав Михайлович, академік НАНУ, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідуючий відділу гідрогеологічних проблем

Затверджено:

Гарант освітньої програми
чл.-кор. НАН України


(С.Б. Шехунова)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено: Вченою Радою Інституту геологічних наук Національної академії наук України

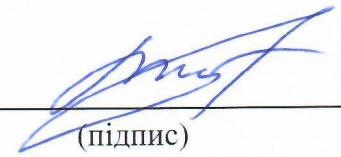
Протокол № 4 від « 25 » червня 2020 року

Голова вченої ради,
академік НАН України



(П.Ф. Гожик)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Секретар вченої ради,
канд. геол. наук.


(Р.Б. Гаврилюк)
(підпис) (прізвище та ініціали)

«25» червня 2020 року

1. Мета дисципліни – дати аспірантам сучасні знання щодо понять водообмін у гідрогеологічних і геологічних системах, ступеню їх тотожності і відмінностей, закономірностей формування водообміну в залежності від гідродинамічної зональності, орографічних, структурно-геологічних і кліматичних умов, особливостей водо (флюїдо) обміну у глибоких надрах Землі, особливостей водообміну у конкретних гідрогеологічних структурах України.

2. Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

- знати ступінь тотожності і відмінності понять водообмін у гідрогеологічних і геологічних системах,
- знання щодо гідродинамічної зональності гідрогеологічних систем, уявлення про внутрішні і зовнішні їх граници,
- розуміти важливість взаємодії в системі вода-порода-газ і субвертикальних, крізь формаційних процесів у формуванні і еволюції гідрогеологічних і геологічних систем,
- знати і володіти методиками оцінки підземного стоку і природних ресурсів підземних вод, їх ролі у формуванні експлуатаційних запасів підземних вод.

3. Анотація навчальної дисципліни.

Навчальна програма структурована щодо аспірантів-гідрогеологів і аспірантів інших спеціалізацій. Загальнотеоретичні знання щодо понять систем водообміну їх можливих границь, гідродинамічної зональності гідрогеологічних систем, особливостей взаємодії в системі вода-порода-газ, важливості субвертикальних крізь формаційних процесів, включаючи швидкі шляхи фільтрації і міграції, викладаються всім аспірантам. Методики оцінки підземного стоку, природних ресурсів підземних вод і їх ролі у формуванні експлуатаційних запасів викладаються гідрогеологам.

4. Цілі навчання:

- ознайомити аспірантів з сучасними уявленнями щодо понять водообмінних гідрогеологічних і геологічних систем і їх співвідношення,
- особливості гідродинамічної зональності гідрогеологічних систем, їх внутрішніх витоків і стікань,граничних верхніх і нижніх умов;
- особливостей взаємодії в системі субвертикальних крізь формаційних процесів у формуванні як підземної гідросфери, так і геологічних систем;
- навчити аспірантів відрізняти і оцінювати підземний сток у поверхневі водні системи, підземний сток і природні ресурси, розраховувати темпи водообміну для гідрогеологічних систем, розуміти вирішальну важливість природних ресурсів підземних вод у формуванні їх експлуатаційних запасів,
- окреслити можливі перспективи розвитку напрямів досліджень у гідрогеології.

5. Результати навчання:

Результат навчання	Форма/Методи викладання і навчання	Форма/Методи оцінювання	Відсоток (%) у підсумковій
(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)			

				<i>оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1*	Визначення понять водообмін у гідрогеологічній і геологічній системах, гідродинамічна зональність гідрогеологічних систем, загальні особливості водообміну у гідрогеологічній системі	лекція самостійне навчання	письмова робота	до 5
1.2*	Взаємодія в системі «вода-порода-газ» і її роль у формуванні гідрогеологічних та геологічних умов	лекція самостійна робота	письмова робота	до 10
1.3*	Роль субвертикального крізьформаційного і крізьгеосферного водо (флюїдо) обміну в залежності від існуючих моделей будови і розвитку Землі	лекція самостійна робота	письмова робота	до 10
1.4	Поняття про підземний стік у річки (поверхневі водні системи) підземний стік, природні ресурси підземних вод, методи їх оцінки	лекція самостійна робота	письмова робота	до 5
1.5	Принципи регіонального гідрогеологічного районування, різновиди районування України. Особливості водообміну в гідрогеологічних структурах України	лекція самостійна робота	письмова робота	до 10
1.6*	Геофільтраційна схематизація та внутрішні і зовнішні граничні умови гідрогеологічної системи.	лекція самостійна робота	письмова робота	до 5
2.1	Поняття про темпи водообміну, методи їх оцінки, результати регіональної оцінки темпів водообміну в артезіанських басейнах України. Локальні зони швидкої фільтрації і міграції, їх різновиди, розповсюдженість, значення для вертикального водообміну. Роль природних ресурсів підземних вод у формуванні їх експлуатаційних запасів. Зміни клімату і водообмін в гідрогеологічних структурах.	лекція самостійна робота	письмова робота	до 15
2.2*	Охарактеризувати співвідношення між гідрогеологічною і геологічною водообмінними системами, особливості гідродинамічної зональності і відповідні їй закономірності водообміну	самостійна робота	письмова робота	до 5
2.3*	Охарактеризувати різновиди взаємодії в системі «вода-порода-газ» та їх зміни в залежності від ТР-умов, їх	самостійна робота	письмова робота	до 5

	можливий вплив на гідрогеологічні і геологічні умови			
2.4	Визначити співвідношення між підземним стоком у річки, підземним стоком і ресурсами підземних вод для вибраних гідрогеологічних структур	самостійна робота	письмова робота	до 5
2.5	Виявити з допоміжних космознімків характерні зони швидкої фільтрації і міграції, дати їх щільнісну і параметричну характеристику, визначити роль рельєфу у формуванні гідродинаміки	самостійна робота	письмова робота	до 10
2.6	Оцінювати які позиції курсу мають значення (яке саме): <ul style="list-style-type: none"> - для формування геологічних умов і процесів; - для формування гідрогеологічних умов і процесів; - для врахування у гідрогеологічній практиці; 	практичне завдання самостійна робота	письмова робота	до 10
2.7	Використати вище означені знання та навики у практичних завданнях щодо конкретних структур.	Практичне завдання	письмова робота	до 5

Примітка. В розділах 5 і 8 завдання з зірочкою викладаються аспірантам всіх галузей, без зірочки – гідрогеологам

Структура курсу: лекційні, практичні, контрольні заняття, семінари та самостійна робота аспірантів.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

порода флюїд; поняття про водообмінні геосистеми (гідроекодинамічні системи), ідеї та концепції не рівноважної термодинаміки і синергетики; Знати сучасний стан оцінки і раціонального використання ресурсів підземних вод.	
ПРН7. Аналізувати сучасні наукові праці, виокремлюючи дискусійні та мало дослідженні питання, здійснювати моніторинг наукових джерел інформації стосовно досліджуваної проблеми, встановлювати їх інформаційну цінність шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами; формулювати наукову проблему	+ + + + + + + + + + + + +
ПРН8. Використовувати методи геологічних, геотектонічних та геодинамічних досліджень, обґрунтовувати заходи щодо екологічної безпеки та ефективного природокористування, визначати геодинамічні критерії прогнозу родовищ корисних копалин, відтворювати геодинамічну обстановку геологічного минулого конкретної території земної поверхні.	+ + + + + + + + + + + + +
ПРН 13. Вміти визначати засоби моніторингу для контролю стану та процесів в геологічному середовищі; прогнозувати на основі даних інструментальних спостережень загрози і ризики пов'язані з використанням геологічного середовища; приймати рішення з управління природно-техногенними системами;	+ + + + + + +
ПРН 14. Оцінювати бар'єрні властивості геологічного середовища на основі аналізу його параметрів, структури і конкуруючих процесів міграції хімічних речовин; використовувати бар'єрний принцип для планування і прогнозування ступеню негативного впливу небезпечних об'єктів на оточуюче середовище;	+ + + + + + + + + + + + +
ПРН 15. Вміти виявляти карстопрояви, розрізняти генетичні та еволюційні типи карсту та ідентифіковати їх ознаки, виконувати попередню оцінку екологічної безпеки у частині пов'язаних з карстом ризиків та небезпек, враховувати роль карсту у розвідці та освоєнні родовищ корисних	+ + + + + + + + + + + + +

копалин та ефективному природокористуванні;												
ПРН16. Розробляти сценарії вирішення основних проблем водопостачання населення України з оптимальним використанням ресурсів підземних вод. Володіти методами оцінки експлуатаційних ресурсів підземних вод окремих родовищ; намічати і виконувати заходи з екологічної оцінки і захисту ресурсів підземних вод;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН17. Проводити професійну інтерпретацію отриманих матеріалів на основі сучасного програмного забезпечення з використанням існуючих теоретичних моделей.			+		+		+				+	+
ПРН18. Вміти доступно, на високому науковому рівні доносити сучасні наукові знання та результати досліджень до професійної та непрофесійної аудиторії. Володіти навичками усної і письмової презентації результатів досліджень державною та іноземною мовами.	+	+			+		+		+			
ПРН19. Вміти використовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології, комп'ютерні засоби та програми при проведенні наукових досліджень.							+				+	+
ПРН20. Представляти результати наукових досліджень у фахових публікаціях у вітчизняних та закордонних спеціалізованих виданнях, в тому числі, у внесених до наукометричних баз Scopus, Web of Science, Index Copernicus, Springer, GeoRef та ін.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН22. Вміти використовувати правила цитування та посилання на використані джерела та правильно оформлювати бібліографічний список.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН23. Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів.

1. Семестрове оцінювання:

- 1) Контрольна робота «Визначення зовнішніх та внутрішніх граничних умов гідрогеологічної системи» - 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів)
- 2) Контрольна робота «Визначення інтенсивності водообміну та розраховувати підземний стік до водотоків і водойм» - 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів)
- 3) Контрольна робота «Визначення ролі рельєфу у формуванні гідродинамічних умов» – 10 балів (рубіжна оцінка 6 балів)
- 4) Оцінка за роботу на лекційних та практичних заняттях – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів)

2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту: максимальна оцінка 40 балів, рубіжна оцінка 24 балів. Під час іспиту студент виконує реалізацію проєкту з використанням знань та вмінь з основ та новітніх розробок секвенс-стратиграфії. **Підсумкове оцінювання у формі іспиту не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання аспірант не отримає відповідні бали до підсумкової оцінки.**

Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 бальною шкалою.

Іспит виставляється за результатами роботи аспіранта впродовж усього семестру, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру.

	Семестрова кількість балів	ПКР(підсумкова контрольна робота)чи/або іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

Аспірант не допускається до підсумкового оцінювання у формі іспиту, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.

7.2. Організація оцінювання: Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: 4 лекції та виконання практичних робіт (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби), виконання самостійних та практичних робіт - семінарів (де аспіранти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблем) та проведення письмових контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі іспиту.

7.3. Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89

Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекцій	практичні, семінари	самостійна робота
Розділ 1. Водообмін у гідрогеологічних системах				
1*	Вступ. Визначення основних понять водообміну у гідрогеологічній і геологічній системах	0,5		
	Тема 1. Гідродинамічна зональність гідрогеологічних систем			
2*	Тема 2. Взаємодія в системі «вода-порода- газ» і її роль у формуванні гідрогеологічних та геологічних умов	0,5		
3*	Тема 3. Роль субвертикального крізь формаційного і крізь геосферного водо(флюїдо) обміну в залежності від існуючих моделей будови і розвитку Землі	0,5		
4	Тема 4. Поняття про підземний стік у річці (поверхневі водні системи) підземний стік, природні ресурси підземних вод, методи їх оцінки	0,5		
5	Тема 5. Принципи регіонального гідрогеологічного районування, різновиди районування України.	1		
6	Тема 6. Особливості водообміну в гідрогеологічних структурах України.	1		
7*	Тема 7. Геофільтраційна схематизація. Внутрішні і зовнішні граничні умови гідрогеологічної системи.	1		
	<i>Контрольна робота I</i>			
Розділ 2. Методи оцінки водообміну				

8	Тема 8. Поняття про темпи водообміну, результати регіональної оцінки темпів водообміну в артезіанських басейнах України. Локальні зони швидкої фільтрації і міграції, їх різновиди, розповсюдженість, значення для вертикального водообміну.	0,5		
9	Тема 9. Роль природних ресурсів підземних вод у формуванні їх експлуатаційних запасів. Зміни клімату і водообмін в гідрогеологічних структурах.	0,5		
10-11	Семінар 1-2. Характеристика співвідношення між гідрогеологічною і геологічною водообмінними системами, Визначення особливостей гідродинамічної зональності і відповідних її закономірностей водообміну		3	
11-12*	Семінар 3-4. Охарактеризувати різновиди взаємодії в системі «вода-порода-газ» та їх зміни в залежності від ТР-умов, їх можливий вплив на гідрогеологічні і геологічні умови		3	
	Контрольна робота 2			
13	Тема 10. Підземний стік у річки і ресурси підземних вод гідрогеологічних структур	0,5		
14	Тема 11. Виявлення з допоміжних космознімків характерних зон швидкої фільтрації і міграції	0,5		
15	Тема 12. Щільнісна і параметрична характеристики зон швидкої фільтрації і міграції, роль рельєфу у формуванні гідродинаміки	1		
16	Практична робота 1. Визначте співвідношення між підземним стоком у річці, підземним стоком і ресурсами підземних вод для вибраних гідрогеологічних структур		2	
17	Практична робота 2. Виявіть з допоміжних космознімків характерні зони швидкої фільтрації і міграції		1	
18	Практична робота 3. Виконайте щільнісну і параметричну характеристики зон швидкої фільтрації і міграції, роль рельєфу у формуванні гідродинаміки		1	
	Контрольна робота 3			

	<i>Iспит з дисципліни, консультації - 2 год.</i>			2
	ВСЬОГО	8	10	70

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **8 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Контрольні роботи **додатково.**

Семінари – **6 год.**

Самостійна робота – **70 год.**

***Іспит, консультації – 2 год.**

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

Основні:

1. Шестопалов В.М., Ситников А.Б., Лялько В.И. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Методы изучения водообмена. К.: Наукова думка, 1988 -272 с.
2. Шестопалов В.М., Сухоребрый А.А. и др. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в естественных условиях. К.: Наукова думка, 1989 -288 с.
3. Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в нарушенных условиях. К.: Наукова думка, 1991 -528 с.
4. Шестопалов В.М. Методы изучения естественных ресурсов подземных вод. Москва: Наука, 1988. 168 с
5. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа [Текст] : в 2 ч. / В. М. Шестопалов [и др.] ; гл. ред. В. М. Шестопалов ; Ин-т геол. наук НАН Украины, Науч.-инженер. центр гидрогеоэкол. полигон. исслед. НАН Украины. - К. : [б. и.], 2001.
6. О гидродинамической зональности и водообмене в гидрогеологических структурах. В.М. Шестопалов. 2014. №4. Геологічний журнал. С. 9-26.
7. Бабинец А.Е. Белявский Г.А. Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена Украины (на основе анализа подземного стока). К.: Наукова думка, 1973. — 112 с
8. Куделин Б.М. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. - М.: Изд-во МГУ, 1960. - 343 с.
9. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). Москва: Агар, 2005. 242 с.
10. Куликов Г.В., Вартанян Г.С. О механизмах движения подземных вод глубоких горизонтов: XXVII Междунар. геол. конгр., Москва, 4-14 августа 1984 г., Секц. 16. Т. 16. Москва: Наука, 1984. С. 10-15
11. Дробноход М.І. Оцінка запасів підземних вод – ВПЦ «Київський університет»: 2008 р.

12. Методы изучения и оценка ресурсов глубоких подземных вод. / Под ред. С.С. Бондаренко и Г.С. Вартаняна. М.: Недра, 1986. – 479 с.
13. Шевченко, А.Л., Осадчий, В.И., Чарный, Д.В. (2019). Изменения режима, баланса и ресурсов подземных вод Полесья и Лесостепи Украины под влиянием глобального потепления. Вучоныя записки Бресцкага універсітета. 15. 2. 117-128.
14. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України. Навч. посібник. К.: Фірма Інкос, 2009. – 613 с
15. Eriksson, C., Engqvist, A. Water Exchange on a Geological Timescale - Examples from Two Coastal Sites in the Baltic Sea. AMBIO 42, 447–454 (2013). <https://doi.org/10.1007/s13280-013-0396-4>
16. Лукин А.Е., Шестопалов В.М. От новой геологической парадигмы к задачам региональных геолого-геофизических исследований. Геофиз. журнал 2018 т.40 №4. С.3-72.
17. Шестопалов В.М., Богуславский А.С. Термодинамическое моделирование влияния глубинных разломов и каналов дегазации на динамику подземных вод. Геофиз. Журнал. Т.42, №2, 2020. С. 3 – 14.

Додаткові:

1. Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. Москва: Научный мир, 2011. 260 с
2. Всеволожский В.А., Дюнин В.И. Анализ закономерностей гидродинамики глубоких пластовых систем. Вестн. МГУ. Сер. геол. 1996. № 3. С. 61-72.
3. . Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Москва: Наука, 2004, 677 с.
4. Інструкція із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. ДКЗ України, К. 2000. - 48 с.
5. Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии (закономерности распространения и формирования подземных вод). М.: Наука, 1977 – 196 с.
6. Зверев В.П. Массопотоки подземной гидросферы. М.: Наука, 1999. - 97 с.
7. Островский Л.А. Гидрогеодинамическая зональность равнинно-платформенных территорий // Теория и методы региональных гидрогеологических исследований. – М. 1985. – С. 96-101.
8. Руденко Ф.А. Гідрогеологія України. – Київ.: Вища школа. 1972.
9. Рубан С. А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України. Монографія / С. А. Рубан, М. А. Шинкаревський. – К. : УкрДГРІ, 2005. – 572 с
- 10.Чураев Н.В. Радиоиндикаторные методы исследования движения подземных вод / Н.В. Чураев, Н.И. Ильин. - М., 1973.
- 11.Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод, М.: Недра, 1973. – С. 9-27.

12. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЕС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с.
13. Водний кодекс України // Відомості Верховної Ради УРСР. – 1995. – № 24. – 189 с.
14. Про затвердження Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 14.01.2019 № 4 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0287-19#Text>
15. Стан підземних вод України. Щорічник – К.: Державна служба геології та надр України, ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України». – (2009-2019 р.р.)
16. Лобода Н.С., Козлов М.А. Оцінка змін водних ресурсів України в умовах кліматичного сценарію RCP 4.5 (14 регіональних моделей) на базі моделі «Клімат-стік». // Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології : мат-ли VII Всеукр. наук. конф. (13-14 листопада 2018, Київ). – С.57-58.
17. Shestopalov V.M., Bohuslavsky A.S., Bublias V.N. Groundwater vulnerability Chernobyl Nuclear Disaster. American Geophysical Union Wiley. 2015, 119 p.
18. Shevchenko O., Bublias' V. Global challenges to the system of state hydrogeological monitoring. XII International Scientific Conference: "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" Kyiv, Ukraine, Materials. 2018. 1-4.
19. Cárdenas-Castillero, G. and Kuráž, M. Assessment interaction of climate change and aquifer recharge in different periods: an article review, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-15171, 2021. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-15171>
20. Mukherjee,S., Mishra,A., Trenberth,K. E. (2018). Climate change and drought: a perspective on drought indices. Current Climate Change Reports. 4(2), 145–163. doi:10.1007/s40641-018-0098-x
21. Engqvist, A., and A. Omstedt. 1992. Water exchange and density structure in a multi-basin estuary. Continental Shelf Research 12: 1003–1026.
22. Lambs, L. Interactions between groundwater and surface water at river banks and the confluence of rivers. J. Hydrol. 2004, 288, 312–326.
23. Winter, T.C. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. Hydrogeol. J. 1999, 7, 28–45.