

С.В. ІВАСІВКА, М.М. КОВБАСНЮК, А.Б. БУБНЯК, Д.Г. СОВ'ЯК

МОНІТОРИНГ АКТИВНОСТІ АВТОХТОННОЇ МІКРОФЛОРИ ВОДИ НАФТУСЯ ТРУСКАВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ТА ЇЇ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ З ОРГАНІЧНИМИ ЧИННИКАМИ ЦІЄЇ ВОДИ ТА ІНТЕНСИВНІСТЮ ОПАДІВ

Установлены корреляционные взаимосвязи между активностью автохтонной микрофлоры, содержанием органических веществ и интенсивностью осадков для воды Нафтуса Трускавецкого месторождения

ВСТУП

Автохтонна мікрофлора води Нафтуса (вуглеводеньокислюючі, сульфатредуючі і тіоновокислі мікроорганізми) є домінантою формотворчої тріади (фільтраційна вода, порода і автохтонні мікроорганізми) цієї води [6, 7, 10, 19].

Культивация вуглеводеньокислюючих мікроорганізмів (ВОМ), висіяних з Нафтусі, в присутності озокериту, з подальшою ліофілізацією культуральної рідини, збагаченої мікробними метаболітами (ВОМ-метаболітами), і гель-хроматографією водного екстракту ліофілізату засвідчили, що спектри гідрофільних сполук води Нафтуса і ВОМ-метаболітів ідентичні [5, 6].

Тобто, гідрофільні органічні сполуки Нафтусі, з якими традиційно пов'язують цілющі властивості цієї води, вперше отримані біотехнологічно, що, в свою чергу, підтверджує провідну роль автохтонних мікроорганізмів у формуванні цих властивостей.

Експериментально встановлено, що ВОМ-метаболіти, як і органіка Нафтусі, є ксенобіотиками [6, 7]. Гідрофобні ВОМ-метаболіти активують мікосомально-монооксигеназну систему печінки, а гідрофільні – секреторно-транспортну систему нирок.

Варте уваги, що ВОМ-метаболіти повністю відновлюють еритропоез в опромінених щурів [9]. Разом з тим, їх вплив на систему білої крові є неоднозначним. Зокрема, ВОМ-метаболіти відновлюють загальне число лейкоцитів периферійної крові опромінених щурів за рахунок максимального приросту чисельності нейтрофілів, тобто трансформують лімфоцитарний профіль крові, властивий інтактним щурам, на нейтрофільний. Навпаки, вода Нафтуса відновлює загальне число лейкоцитів периферійної крові опромінених щурів за рахунок максимального приросту чисельності лімфоцитів, тобто нормалізує видове співвідношення між різними популяціями білокрівців [14].

Правомірно дійти висновку, що стимуляція лімфопоезу водою Нафтуса зумовлена метаболітами сульфатредуючих (СР) і тіоновокислих (Тк) мікроорганізмів, що узгоджується з літературними даними і здобутками практичної фармакології про роль біологічно активної сірки в активації імунітету.

Вище викладене, а також висока чутливість автохтонних мікроорганізмів до природних змін і вимушеного антропогенного втручання, необхідного для подачі води до споживача [5, 19], спонукали визнати моніторинг активності автохтонної мікрофлори води Нафтуса барометром у формуванні її фізіологічної активності і цілющих властивостей та запровадити його в практику хіміко-бактеріологічної випробовувальної лабораторії ГГРЕС ЗАТ “ТРУСКАВЕЦЬКУРОРТ”.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Досліджували активність ВОМ, СР і Тк мікроорганізмів води Нафтуса свердловин 1-НО, 8-НО, 17-НО, 21-Н і 22-Д Трускавецького родовища.

Проби води забирали щомісяця, у стерильні флакони об'ємом 100 мл, без доступу кисню (сифоном, знизу вверх, пропускаючи через флакон 5 об'ємів води (500 мл) і залишаючи 6-ий об'єм). Воду засівали у стерильні пробірки на відповідні середовища: для ВОМ – с. Таусона; для СР- с. Штурм; для Тк – с. Бейерінка [15, 19]. Співвідношення вода : середовище стандартне для мікробіологічних досліджень - 10:1 [18]. СР мікроорганізми ростуть без доступу кисню, через що на засіяні проби води нашаровували вазелінову олію, товщиною 3-4 мл. Джерелом вуглеводнів для ВОМ служив озокерит. Інкубацію проводили в термостаті при температурі +28°C.

Для підрахунку чисельності мікроорганізмів (кл/мл), згідно таблиць Мак-Креді, (цит. по [19]), використовували наступні розбавлення води: для ВОМ – 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000; для СР- 10:1, 1:1, 1:10; для Тк - 1:1, 1:10, 1:100. Для кожного розбавлення засівали три паралельні проби.

Інтенсивність росту СР і Тк мікроорганізмів спостерігали на 5-й, 10-й і 20-й дні після посіву води, інтенсивність росту ВОМ - на 5-й, 10-й, 20-й і 30-й дні. Індикатором росту СР мікроорганізмів є чорний осад сульфідів заліза, Тк мікроорганізмів – сіра плівка сірки на поверхні водного стовпчика, або на стінах пробірки, ВОМ – наліт на кусочках озокериту, плівка на поверхні водного стовпчика, можливе пігментне забарвлення [15].

Визначення валового вмісту органічного вуглецю (Сорг) [4], органічного азоту (Nорг) [1] і нафтопродуктів (Нф) [3] у воді Нафтуса досліджуваних свердловин проводили згідно методик, рекомендованих Держстандартом України.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Впродовж досліджуваного періоду (2000-2008 р.р.) максимальну середньорічну чисельність ВОМ зареєстровано в 2000-у році – 1759 кл/мл (табл. 1). В 2001-у році середньорічна чисельність ВОМ зменшилася в 3,6 р., а в 2002-у році є мінімальною – 17,0 кл/мл. Незначний приріст ВОМ зареєстрований в 2003-2006 р.р., в 2007-у році їх чисельність знову є мінімальною – 15,2 кл/мл, а в 2008-у році зросла в 2,8 р., порівняно з попереднім роком.

Таблиця 1. Активність автохтонних мікроорганізмів у воді Нафтуса Трускавецького родовища

Роки	Вуглеводеньокислюючих мікроорганізмів (ВОМ), кл/мл		
	середньорічна	середньосезонна	
		В-Л	О-3
2000	1759 ± 213	2238 ± 408	1280 ± 148
2001	490 ± 166	614 ± 230	367 ± 119
2002	17,0 ± 5,8	11,6 ± 6,3	23,0 ± 7,2
2003	39,1 ± 8,9	29,1 ± 10,6	50,3 ± 11,7
2004	133,5 ± 39,8	257,4 ± 110,1	77,3 ± 43,1
2005	79,7 ± 20,9	62,0 ± 14,7	97,5 ± 29,6
2006	93,8 ± 64,9	113,2 ± 80,8	91,9 ± 51,7
2007	15,2 ± 7,0	6,2 ± 2,7	24,5 ± 12,1
2008	42,8 ± 19,4	69,5 ± 40,7	20,0 ± 6,7
Сульфатредукуючих мікроорганізмів (СР), кл/мл			
2000	3,9 ± 1,3	2,9 ± 1,4	5,1 ± 1,6
2001	2,1 ± 0,5	2,4 ± 0,6	1,8 ± 0,5
2002	2,9 ± 0,7	3,2 ± 0,8	2,5 ± 0,9
2003	4,5 ± 1,5	4,5 ± 1,4	4,5 ± 1,9
2004	4,0 ± 1,0	5,4 ± 1,7	2,6 ± 1,0
2005	7,0 ± 1,8	6,9 ± 1,9	7,1 ± 1,8
2006	5,5 ± 1,4	4,6 ± 1,4	6,3 ± 1,5
2007	7,3 ± 1,8	6,3 ± 1,6	8,3 ± 2,1
2008	8,8 ± 1,8	9,0 ± 2,0	8,5 ± 1,5
Тіоновокислих мікроорганізмів (Тк), кл/мл			
2000	3,3 ± 0,8	2,2 ± 0,5	4,5 ± 1,1
2001	8,3 ± 5,1	13,0 ± 10,2	3,5 ± 0,3
2002	2,1 ± 0,3	2,2 ± 0,3	2,1 ± 0,5
2003	12,8 ± 0,7	18,2 ± 4,0	7,4 ± 2,9
2004	22,9 ± 6,4	3,5 ± 1,4	50,5 ± 20,2
2005	31,5 ± 9,4	34,9 ± 13,1	28,2 ± 10,3
2006	18,6 ± 4,4	20,8 ± 6,0	16,4 ± 7,9
2007	42,9 ± 8,3	39,2 ± 5,6	46,6 ± 11,3
2008	57,4 ± 12,5	59,7 ± 14,0	54,7 ± 16,0

Середньорічна чисельність СР мікроорганізмів плавно зростає впродовж досліджуваного періоду, і є мінімальною в 2001-у році (2,1 кл/мл), максимальною – в 2008-у році (8,8 кл/мл), (табл. 1).

Тк мікроорганізми росли скачкоподібно впродовж 2000-2002 р.р. Починаючи з 2003-го року, їх середньорічна чисельність неухильно зростає і є максимальною в 2008-у році – 57,4 кл/мл, (табл. 1).

Таким чином, ВОМ є найбільш нестабільною популяцією серед автохтонної мікрофлори води Нафтуса Трускавецького родовища. Їх середньорічна чисельність може коливатися в межах 2000-10 кл/мл. Навпаки, СР мікроорганізми є максимально стабільними, тоді як Тк мікроорганізми займають проміжну ланку.

Таблиця 2. Валовий вміст органічних речовин у воді Нафтуса Трускавецького родовища

Роки	В перерахунку на органічний вуглець (Сорг), мг/л		
	середньорічний	середньосезонний	
		Весна-Літо	Осінь-Зима
2000	24,6 ± 3,0	24,9 ± 2,9	24,3 ± 2,6
2001	30,4 ± 2,0	30,4 ± 3,0	31,9 ± 5,1
2002	29,6 ± 3,5	29,6 ± 3,8	29,7 ± 3,7
2003	30,6 ± 3,3	27,5 ± 3,9	33,3 ± 4,5
2004	32,4 ± 1,5	36,2 ± 5,1	28,6 ± 4,1
2005	24,7 ± 1,2	23,8 ± 1,7	25,7 ± 1,8
2006	26,2 ± 2,8	26,1 ± 2,6	26,2 ± 1,9
2007	22,7 ± 2,2	23,7 ± 3,0	21,7 ± 2,3
2008	14,8 ± 0,7	14,2 ± 0,7	15,2 ± 0,9
В перерахунку на органічний азот (Норг), мг/л			
2000	0,47 ± 0,06	0,34 ± 0,04	0,59 ± 0,06
2001	0,47 ± 0,08	0,41 ± 0,05	0,48 ± 0,06
2002	0,42 ± 0,09	0,43 ± 0,05	0,41 ± 0,04
2003	0,45 ± 0,08	0,50 ± 0,07	0,42 ± 0,06
2004	0,28 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,34 ± 0,03
2005	0,52 ± 0,05	0,56 ± 0,05	0,47 ± 0,05
2006	0,43 ± 0,04	0,41 ± 0,04	0,46 ± 0,04
2007	0,58 ± 0,11	0,49 ± 0,05	0,67 ± 0,21
2008	0,69 ± 0,08	0,62 ± 0,09	0,76 ± 0,13
Вміст нафтопродуктів, мг/л			
2000	2,52 ± 0,18	2,33 ± 0,35	2,70 ± 0,30
2001	1,89 ± 0,12	1,65 ± 0,08	2,15 ± 0,20
2002	1,48 ± 0,1	1,48 ± 0,08	1,49 ± 0,11
2003	1,53 ± 0,24	1,57 ± 0,17	1,42 ± 0,14
2004	1,61 ± 0,33	2,01 ± 0,62	1,20 ± 0,06
2005	1,37 ± 0,20	1,46 ± 0,10	1,27 ± 0,10
2006	1,40 ± 0,28	1,27 ± 0,16	1,49 ± 0,24
2007	1,37 ± 0,15	1,16 ± 0,10	1,57 ± 0,16
2008	1,25 ± 0,13	1,48 ± 0,25	1,01 ± 0,09

Враховуючи [12, 13, 17, 19], що питома активність лактатдегідрогенази, маркера інтенсивності енергетичних процесів, є максимальною у СР мікроорганізмів, дещо нижчою у Тк і мінімальною у ВОМ, правомірно дійти висновку, що коливання середньорічної чисельності кожної з досліджуваних груп автохтонної мікрофлори води Нафтуса детерміновані потужністю енергетичного обміну у мікробній клітині.

Встановлено, що всім досліджуваним групам автохтонної мікрофлори води Нафтуса властива виражена сезонна активність (табл. 1). Зокрема, ВОМ домінують у весняно-літній період в 2000, 2001, 2004, 2006 і 2008 р.р., СР мікроорганізми – в 2001, 2002, 2004 і 2008 р.р., Тк мікроорганізми – в 2001, 2003, 2005, 2006 і 2008 р.р.

Серед органічних чинників води Нафтуса Трускавецького родовища найбільш стабільними є валовий вміст органічного вуглецю (Сорг., табл. 2) і органічного азоту (Норг., табл. 2). Винятком для Сорг. є 2008-й, а для Норг. – 2004 р.р, коли їх вміст у воді Нафтуса є вдвічі нижчим стосовно решти показників. Сезонні коливання Сорг. і Норг. незначні. Навпаки, вміст нафтопродуктів у воді Нафтуса Трускавецького родовища відчутно коливається з року в рік (табл. 2). Максимальний вміст нафтопродуктів зареєстрований в 2000-у, мінімальний – в 2008-у р.р. Сезонні коливання вмісту нафтопродуктів у воді Нафтуса індивідуальні для кожного року, а сама, майже відсутні в 2000, 2002 і 2003 р.р., тоді як в 2004-у р. їх вміст у весняно-літній період вдвічі вищий, ніж у осінньо-зимовий.

Опади традиційно домінують у весняно-літній період (табл. 3), за винятком, 2007-го року, коли в осінньо-зимовий час їх було дещо більше.

Кореляційні взаємозв'язки між середньорічними показниками чисельності автохтонної мікрофлори, вмісту органічних чинників у воді Нафтуса Трускавецького родовища та інтенсивністю опадів наведені в табл. 4.

Прогнозованими є максимальні, незалежно від сезону, позитивні значення коефіцієнту кореляції r між ВОМ і нафтопродуктами (ВОМ-Нф), тобто між субстратом і споживачем.

Аналогічні позитивні значення коефіцієнту кореляції r зареєстровані між СР і Тк мікроорганізмами (СР-Тк), а також між цими мікроорганізмами і валовим вмістом органічного азоту (СР- Норг і Тк- Норг, відповідно). В свою чергу, валовий вміст Норг у воді Нафтуса чітко корелює, незалежно від сезону, з інтенсивністю опадів (Опади- Норг). Між чисельністю СР і Тк мікроорганізмів та інтенсивністю опадів також зареєстровані позитивні кореляційні взаємозв'язки (Опади-СР і Опади-Тк, відповідно), проте їм властива чітко виражена сезонна активність.

Таблиця 3. Кількість опадів, зареєстрованих на Трускавецькому родовищі води Нафтуса

Роки	Кількість, мм		
	середньорічна	середньосезонна	
		Весна-Літо	Осінь-Зима
2004	46,7 ± 9,1	56,2 ± 13,9	37,2 ± 11,7
2005	89,9 ± 41,8	150,3 ± 78,4	29,4 ± 8,2
2006	42,1 ± 12,4	58,7 ± 22,7	25,4 ± 6,8
2007	60,1 ± 7,5	56,4 ± 9,5	63,7 ± 12,4
2008	81,8 ± 18,7	106,1 ± 27,0	57,5 ± 24,1

Вочевидь, СР і Тк мікроорганізми, задіяні в обміні сірки, формують біологічну батарею, робота котрої регулюється азотовмісними органічними речовинами та інтенсивністю водообміну у водоносному горизонті.

Встановлено, що між ВОМ і СР мікроорганізмами (ВОМ-СР) та ВОМ і Тк мікроорганізмами (ВОМ-Тк) спостерігається тенденція до негативних кореляційних взаємозв'язків, стабільна впродовж року для ВОМ-Тк мікроорганізмів, тоді як між ВОМ і СР мікроорганізмами кореляційні взаємозв'язки відсутні в осінньо-зимовий період.

Вражають максимальні значення негативних кореляційних взаємозв'язків між валовим вмістом органічного вуглецю і органічного азоту (Сорг-Норг), стабільні впродовж року, а також аналогічні їм значення коефіцієнту кореляції r між чисельністю СР і Тк мікроорганізмів та валовим вмістом органічного вуглецю (СР-Сорг і Тк-Сорг, відповідно).

Не менш вражаючою є повна відсутність кореляційних взаємозв'язків між вмістом нафтопродуктів і валовим вмістом органічного вуглецю (Нф-Сорг), а також між чисельністю ВОМ і валовим вмістом органічного вуглецю (ВОМ-Сорг). Тобто, за умов максимальної стабільної взаємодії споживача і субстрату (ВОМ-Нф) “відсутній” продукт реакції – Сорг. Щодо валового вмісту органічного азоту, то лише у весняно-літній період зареєстровані негативні кореляційні взаємозв'язки для Нф-Норг та ВОМ- Норг.

Однак, враховуючи, що між чисельністю СР і Тк мікроорганізмів та валовим вмістом органічного азоту зареєстровані стабільні позитивні кореляційні взаємозв'язки, правомірно дійти висновку, що саме СР і Тк мікроорганізми синтезують азотовмісні органічні речовини із вже готових органічних чинників, зокрема, продуктів біотрансформації нафтопродуктів ВОМ.

На такий перебіг метаболічних процесів між досліджуваними групами автохтонної мікрофлори вказують стабільні впродовж року, однак протилежні за знаком, коефіцієнти кореляції r між інтенсивністю опадів та валовим вмістом Сорг (Опади-Сорг) і Норг (Опади-Норг), а також негативний коефіцієнт кореляції r між інтенсивністю опадів і чисельністю ВОМ (Опади-ВОМ), тоді як для СР і Тк мікроорганізмів аналогічний коефіцієнт кореляції r є позитивним.

Таблиця 4. Кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою, органічними речовинами води Нафтуса Трускавецького родовища і опадами впродовж 2000-2008 р.р

Масиви	Коефіцієнт кореляції, r		
	середньорічних величин	середньосезонних величин	
		В-Л	О-З
ВОМ- Нф	0,967	0,820	0,914
СР-Тк	0,926	0,885	0,685
СР-Норг	0,773	0,616	0,755
Тк-Норг	0,745	0,824	0,577
Опади- СР @	0,730	0,560	0,494
Опади- Тк @	0,651	0,472	0,923
ВОМ-СР	-0,349	-0,496	-0,161
ВОМ-Тк	-0,447	-0,435	-0,440
Сорг-Норг	-0,889	-0,833	-0,847
СР- Сорг	-0,800	-0,643	-0,813
Тк- Сорг	-0,774	-0,848	-0,794
Нф-Сорг	0,220	0,337	0,260
ВОМ- Сорг	-0,006	0,039	0,030
Нф-Норг	-0,298	-0,625	0,054
ВОМ-Норг	-0,109	-0,430	0,154
Опади- Сорг @	-0,459	-0,470	-0,738
Опади-Норг @	0,663	0,659	0,806
Опади- ВОМ @	-0,465	-0,322	-0,973
СР- Нф	-0,560	-0,415	-0,284
Тк- Нф	-0,619	-0,565	-0,622
Опади- Нф @	-0,627	-0,051	-0,140

Примітка. @ - підрахунок з 2004 року

На більш складні “харчові” взаємозв'язки між ВОМ, СР і Тк мікроорганізмами вказують значення коефіцієнту кореляції r для СР і Тк мікроорганізмів та нафтопродуктів. Зокрема, коефіцієнт кореляції r для Тк мікроорганізмів та нафтопродуктів (Тк-Нф) є негативним і стабільним впродовж року, тоді як для СР мікроорганізмів та нафтопродуктів (СР-Нф) його значення є невірорідним впродовж осінньо-зимового періоду.

Таблиця 5. Щорічні кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою, органічними речовинами води Нафтуса Трускавецького родовища і опадами

Масиви	Середньорічний коефіцієнт кореляції r								
	Роки								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ВОМ- Нф	-0,209	-0,221	0,455	0,379	0,466	0,498	-0,213	0,917	0,586
СР-Тк	0,278	0,154	-0,303	0,445	0,270	0,277	0,108	0,429	0,698
СР-Норг	0,296	-0,160	0,031	0,200	-0,559	0,200	-0,036	0,166	-0,092
Тк-Норг	0,409	-0,292	0,627	-0,157	0,164	-0,206	0,378	-0,201	0,058
Опади- СР	-	-	-	-	0,128	0,154	-0,015	0,172	-0,398
Опади- Тк	-	-	-	-	-0,409	0,827	0,102	0,424	-0,120
ВОМ-СР	-0,162	0,000	-0,327	-0,283	0,537	-0,779	-0,323	0,307	-0,047
ВОМ-Тк	-0,290	0,559	-0,044	0,173	0,229	-0,181	-0,454	-0,020	0,023
Сорг-Норг	0,252	0,580	-0,004	-0,327	-0,020	-0,157	0,290	-0,507	-0,237
СР- Сорг	-0,458	-0,154	-0,195	-0,250	0,385	0,301	0,227	-0,355	-0,586
Тк- Сорг	-0,077	-0,400	0,128	-0,393	0,265	0,004	0,045	0,340	-0,697
Нф-Сорг	0,771	-0,026	-0,008	0,203	-0,177	-0,245	0,021	-0,162	-0,386
ВОМ- Сорг	-0,047	-0,226	0,100	0,132	0,501	-0,287	-0,630	-0,336	0,029
Нф-Норг	0,223	0,007	-0,233	-0,617	-0,192	-0,133	0,229	-0,021	-0,100

ВОМ-Норг	-0,698	-0,080	0,143	-0,485	-0,259	-0,217	-0,387	0,035	-0,055
Опади- Сорг	-	-	-	-	-0,298	-0,213	-0,234	0,393	-0,054
Опади-Норг	-	-	-	-	-0,167	0,198	-0,136	-0,528	-0,132
Опади- ВОМ	-	-	-	-	-0,169	-0,153	0,031	-0,012	-0,083
СР- Нф	-0,412	-0,597	0,112	-0,142	-0,136	-0,438	0,686	0,210	0,068
Тк- Нф	0,008	-0,159	-0,156	-0,129	-0,145	-0,050	0,144	-0,160	0,073
Опади- Нф	-	-	-	-	-0,168	0,022	0,140	-0,103	0,259

Динаміка щорічних значень кореляційних взаємозв'язків між автохтонною мікрофлорою, органічними чинниками води Нафтуса, інтенсивністю опадів та їх сезонні коливання наведені в табл. 5 і 6.

Таблиця 6. Сезонні коливання кореляційних взаємозв'язків між автохтонною мікрофлорою, органічними речовинами води Нафтуса Трускавецького родовища і опадами

Масиви	Середньосезонний коефіцієнт кореляції, r								
	Весна-Літо								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ВОМ- Нф	0,489	-0,062	0,794	0,081	0,424	-0,078	-0,703	0,151	0,537
СР-Тк	-0,334	0,157	-0,260	0,568	0,653	0,668	0,454	0,334	0,797
СР-Норг	-0,492	0,600	0,230	0,403	-0,421	-0,313	0,227	0,122	0,706
Тк-Норг	0,049	-0,376	0,669	-0,209	0,262	-0,177	-0,400	-0,382	0,563
Опади- СР	-	-	-	-	0,132	0,375	0,118	-0,534	0,072
Опади- Тк	-	-	-	-	-0,248	0,914	0,026	0,015	0,214
ВОМ-СР	-0,122	-0,162	-0,134	-0,177	0,313	-0,887	-0,527	0,160	-0,467
ВОМ-Тк	-0,508	0,713	-0,156	0,229	0,763	-0,502	-0,444	-0,227	-0,065
Сорг-Норг	0,502	0,838	-0,163	-0,204	0,492	-0,333	0,577	-0,772	-0,852
СР- Сорг	-0,326	0,187	-0,744	-0,564	0,375	0,100	0,515	-0,100	-0,635
Тк- Сорг	-0,513	-0,657	0,128	-0,469	0,820	-0,308	-0,078	0,732	-0,627
Нф-Сорг	0,788	0,153	-0,021	0,194	-0,391	0,490	0,237	0,159	-0,230
ВОМ- Сорг	0,894	-0,665	0,534	-0,355	0,418	-0,256	-0,608	-0,659	0,244
Нф-Норг	0,550	-0,255	0,105	-0,690	0,241	-0,345	-0,168	-0,262	-0,142
ВОМ-Норг	0,159	-0,691	-0,241	-0,247	0,365	0,511	-0,513	0,400	-0,282
Опади- Сорг	-	-	-	-	-0,512	-0,332	-0,176	0,686	-0,141
Опади-Норг	-	-	-	-	-0,499	0,103	-0,315	-0,767	-0,337
Опади- ВОМ	-	-	-	-	-0,335	-0,187	-0,068	-0,715	-0,273
СР- Нф	-0,357	-0,912	0,297	-0,256	-0,432	0,283	0,676	0,731	-0,517
Тк- Нф	-0,333	-0,230	-0,049	-0,308	-0,231	-0,128	0,826	0,252	-0,209
Опади- Нф	-	-	-	-	-0,417	-0,289	0,420	-0,105	0,263

Продовження табл. 6.

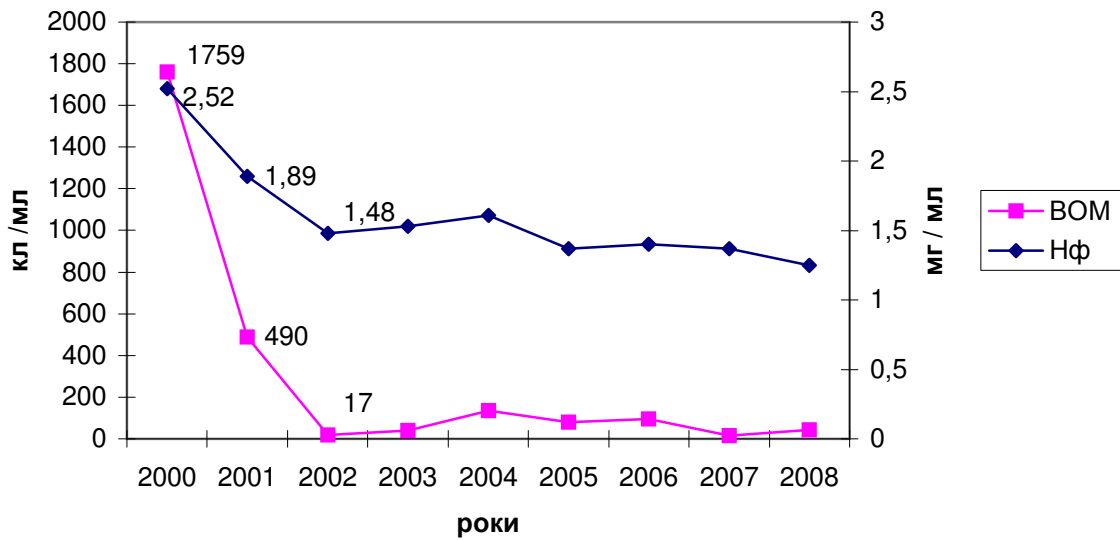
Масиви	Середньосезонний коефіцієнт кореляції, r								
	Осінь-Зима								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ВОМ- Нф	-0,510	-0,090	0,476	0,862	-0,516	0,906	0,036	0,934	0,465
СР-Тк	0,231	-0,288	-0,388	0,195	0,844	-0,061	-0,128	0,508	0,904
СР-Норг	0,176	-0,559	-0,271	-0,158	-0,386	0,572	-0,263	0,095	-0,153
Тк-Норг	-0,012	0,156	0,609	-0,628	-0,119	-0,627	0,712	-0,261	-0,108
Опади- СР	-	-	-	-	-0,317	0,130	0,369	0,582	-0,737
Опади- Тк	-	-	-	-	-0,512	0,155	0,225	0,715	-0,764
ВОМ-СР	0,063	-0,046	-0,435	-0,384	0,757	-0,805	-0,066	0,217	0,220
ВОМ-Тк	0,004	-0,099	-0,008	0,687	0,987	-0,112	-0,509	-0,043	0,198
Сорг-Норг	0,394	0,416	0,182	-0,277	0,222	0,054	0,305	-0,700	-0,168
СР- Сорг	-0,732	-0,351	0,742	0,324	0,183	0,366	-0,242	-0,660	-0,898
Тк- Сорг	0,182	0,375	0,135	0,434	0,501	0,683	0,257	-0,160	-0,852
Нф-Сорг	0,763	-0,146	0,004	0,566	-0,307	-0,497	-0,141	-0,256	-0,240
ВОМ- Сорг	-0,467	0,187	-0,037	0,377	0,590	-0,364	-0,694	-0,352	-0,214
Нф-Норг	-0,008	-0,167	-0,464	-0,785	-0,450	-0,324	0,228	-0,107	0,090
ВОМ-Норг	-0,727	0,645	0,383	-0,742	-0,055	-0,443	-0,504	-0,094	0,660
Опади- Сорг	-	-	-	-	-0,312	0,377	-0,741	0,174	0,515
Опади-Норг	-	-	-	-	0,391	-0,019	0,130	-0,649	0,019
Опади- ВОМ	-	-	-	-	-0,509	-0,365	0,522	0,013	-0,608

CP- Нф	-0,754	-0,579	-0,059	0,066	-0,315	-0,818	0,716	0,043	0,277
Тк- Нф	0,070	0,208	-0,223	0,930	-0,536	-0,177	-0,065	-0,316	0,390
Опади- Нф	-	-	-	-	0,512	-0,625	0,508	-0,193	-0,381

Встановлено, що позитивні кореляційні взаємозв'язки між вмістом нафтопродуктів (субстрат) і чисельністю ВОМ (споживач), (ВОМ-Нф), спостерігаються щорічно, за винятком 2000-го, 2001-го і 2006-го р.р. (табл. 5). При цьому, в 2000-у році позитивне значення коефіцієнту кореляції r для ВОМ-Нф зареєстроване в весняно-літній період, а рівноцінне негативне значення - в осінньо-зимовий час (табл. 6). В 2001-у р. кореляційні взаємозв'язки між вмістом нафтопродуктів і чисельністю ВОМ стабільно відсутні.

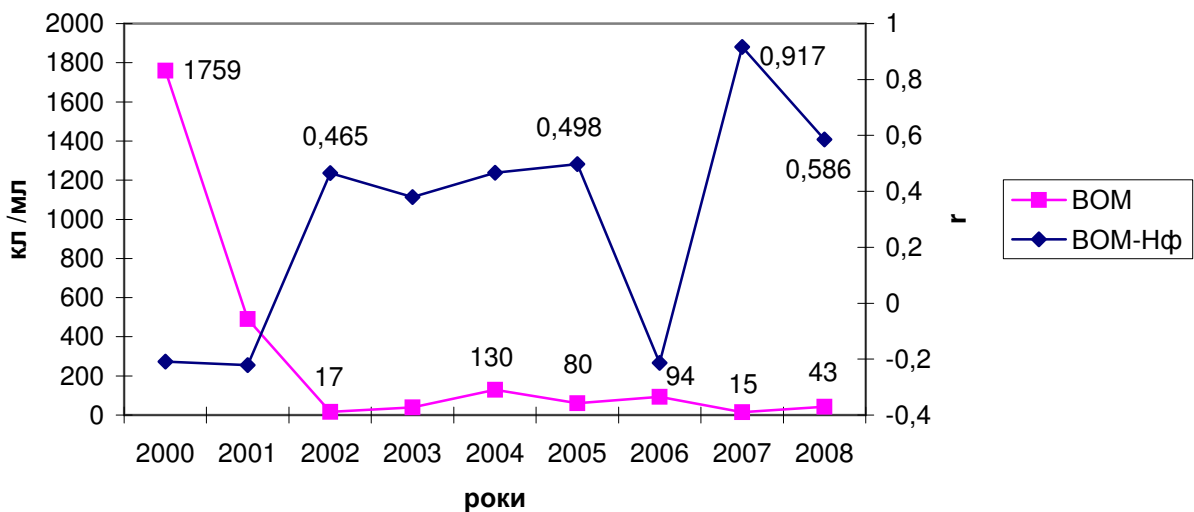
Рис. 1. Взаємозалежність між активністю ВОМ і їх здатністю засвоювати нафтопродукти у воді Нафтуса Трускавецького родовища

Активність ВОМ і вміст НФ



а

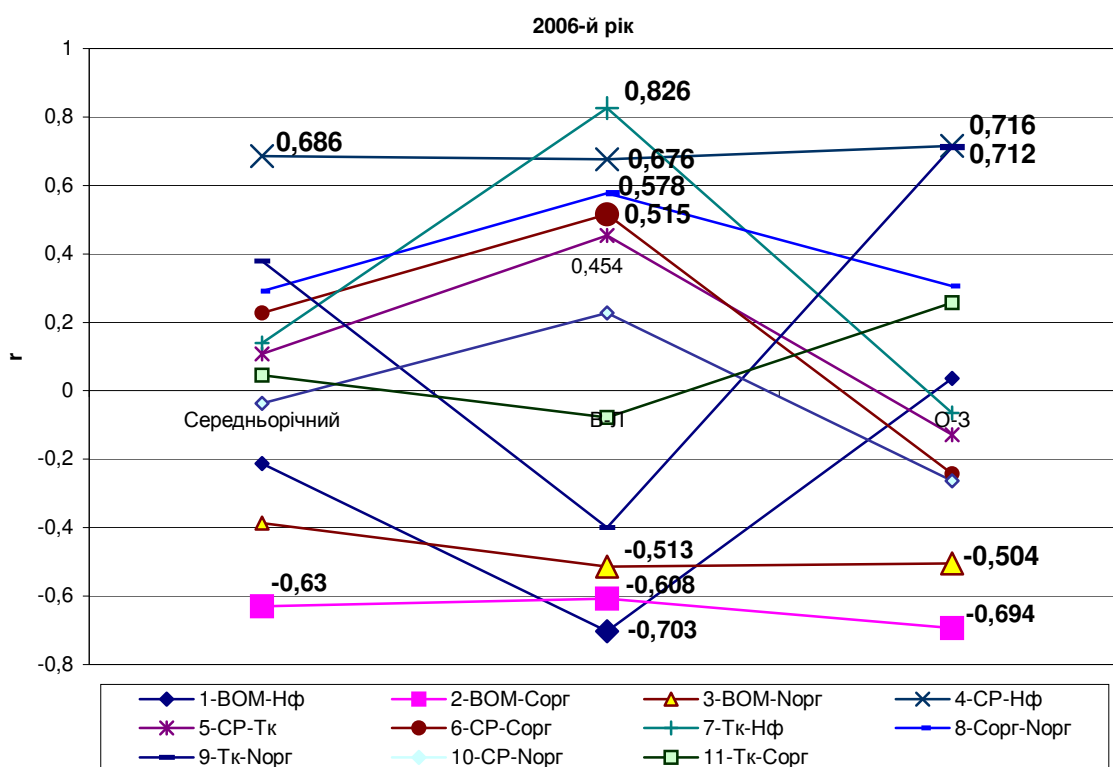
Активність ВОМ і засвоєння НФ



б

Варте уваги, що чисельність ВОР і вміст нафтопродуктів у воді Нафтуса Трускавецького родовища чітко синхронізовані, а саме, в 2000-у р. зареєстровані максимальні значення чисельності ВОР і вмісту нафтопродуктів (рис. 1а). В 2001-у р. спостерігається їх стрімкий спад, а в 2002-у р. ці показники є мінімальними. Водночас, з 2002-го р. розпочинається чітка тенденція до позитивних кореляційних взаємозв'язків між чисельністю ВОР та їх здатністю засвоювати нафтопродукти (рис. 1б). Вочевидь, ВОР, досягнувши максимальної чисельності у 2000-у р., пригальмували свій ріст завдяки власним інгібіторам, що порушило їх взаємодію із субстратом. Досягнувши мінімальних значень, ріст ВОР поживавився за рахунок споживання нафтопродуктів. Повторне зниження чисельності ВОР до мінімуму в 2007-у р. супроводжується максимальним значенням коефіцієнту кореляції r для ВОР-Нф, а деяке поживалення їх росту в 2008-у р. – відповідно, зниженням r (рис. 1б).

Рис. 2. Кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою і органічними чинниками води Нафтуса в 2006-у році.



Відсутність кореляційних взаємозв'язків між чисельністю ВОР і їх здатністю засвоювати нафтопродукти в 2006-у р. заслуговує особливої уваги. В цей час, незалежно від сезону, зареєстровані негативні кореляційні взаємозв'язки між чисельністю ВОР, валовим вмістом органічного вуглецю (ВОР-Сорг, рис. 2.2) і валовим вмістом органічного азоту (ВОР-Норг, рис. 2.3). Разом з тим, також незалежно від сезону, зареєстровані позитивні кореляційні взаємозв'язки між чисельністю СР мікроорганізмів та вмістом нафтопродуктів (СР-Нф, рис. 2.4). Однак, тенденція до взаємодії СР і Тк мікроорганізмами (СР-Тк, рис. 2.5) зареєстрована лише у весняно-літній період, і супроводжується позитивними кореляційними взаємозв'язками між СР мікроорганізмами і валовим вмістом органічного вуглецю (СР-Сорг, рис. 2.6), між Тк мікроорганізмами і вмістом нафтопродуктів (Тк-Нф, рис. 2.7), а також між валовим вмістом органічного вуглецю і органічного азоту (Сорг-Норг, рис. 2.8).

Вочевидь, серед нафтопродуктів є субстрати, котрі, при незначному енергетичному спряженні між СР і Тк мікроорганізмами (весняно-літній період 2006-го р.), можуть безпосередньо засвоюватися цими автохтонами для синтезу органічних речовин води Нафтуса, серед котрих домінують азотовмісні сполуки.

У осінньо-зимовий період 2006-го р. взаємодія між СР і Тк мікроорганізмами відсутня (рис.2.5), однак позитивні кореляційні взаємозв'язки зареєстровані для СР мікроорганізмів і нафтопродуктів (СР-Нф, рис. 2.4), а також для Тк мікроорганізмів і валового вмісту органічного азоту (Тк-Норг, рис. 2.9). Правомірно припустити, що Тк мікроорганізми самостійно синтезують

азотовмісні речовини із метаболітів СР мікроорганізмів, що підтверджується відсутністю кореляційних взаємозв'язків між СР мікроорганізмами і валовим вмістом органічного вуглецю (СР-Сорг, рис. 2.6), а також 2-кратним послабленням кореляційних взаємозв'язків між валовим вмістом органічного вуглецю і органічного азоту (Сорг-Норг, рис. 2.8).

Таким чином, правомірно дійти висновку, що СР і Тк мікроорганізми здатні конкурувати за нафтопродукти з ВОМ – “традиційними” споживачами цього субстрату, внаслідок чого відсутні кореляційні зв'язки в тандемі ВОМ-Нф.

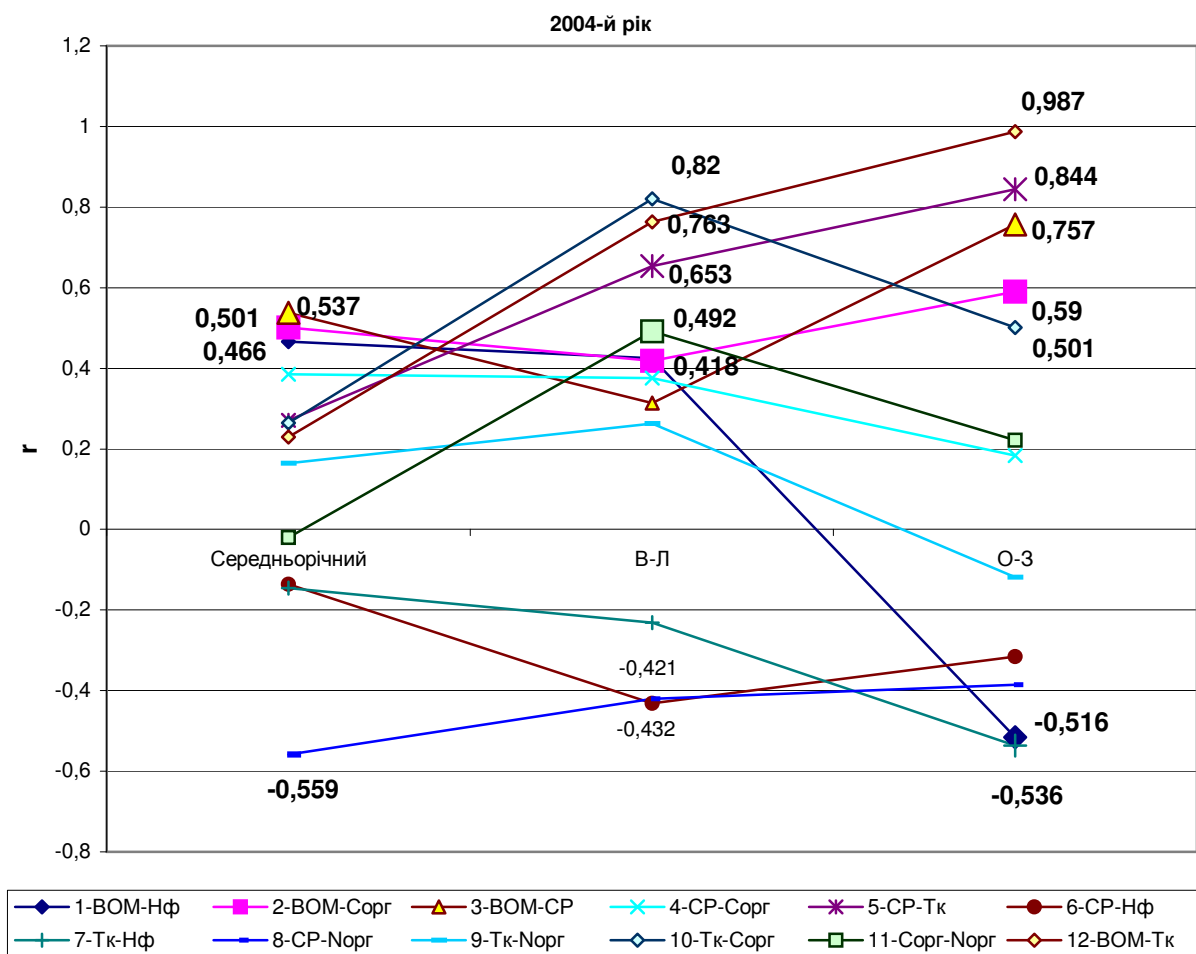
Найбільш різноманітні варіанти взаємодії між автохтонною мікрофлорою, органічними чинниками води Нафтуса та інтенсивністю опадів зареєстровані в 2004-у році (рис. 3).

Перш за все, зареєстровані позитивні кореляційні взаємозв'язки між середньорічними чисельністю ВОМ і нафтопродуктами (ВОМ-Нф: $r=0,466$, рис. 3.1), а також між ВОМ і валовим вмістом органічного вуглецю (ВОМ-Сорг: $r=0,501$, рис. 3.2), тобто між субстратом, споживачем і продуктом реакції. Водночас, позитивні кореляційні взаємозв'язки присутні між ВОМ і СР мікроорганізмами (ВОМ-СР: $r=0,537$, рис. 3.3) і дещо слабші, між СР мікроорганізмами та валовим вмістом органічного вуглецю (СР-Сорг: $r=0,385$, рис. 3.4), тоді як кореляційні взаємозв'язки між СР і Тк мікроорганізмами відсутні (рис. 3.5).

Тобто, ВОМ і СР мікроорганізми, аероби і анаероби, здатні одночасно синтезувати органічні речовини води Нафтуса, мабуть, внаслідок відсутності спряження між СР і Тк мікроорганізмами. Оскільки кореляційні взаємозв'язки відсутні і між СР мікроорганізмами та нафтопродуктами, правомірно дійти висновку, що субстратом для СР мікроорганізмів є метаболіти ВОМ.

Вказаним закономірностям властиві сезонні коливання.

Рис 3. Кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою і органічними чинниками води Нафтуса у 2004-у році.



У весняно-літній період 2004-го р. коефіцієнт кореляції для чисельності ВОМ і вмісту нафтопродуктів співрозмірний із середньорічним (ВОМ-Нф: $r=0,424$, рис. 3.1), проте взаємодія між ВОМ і СР мікроорганізмами та їх спільна участь у синтезі органічних речовин води Нафтуса

значно слабші (ВОМ-СР: $r=0,313$, рис.3.3); (ВОМ-Сорг: $r=0,418$, рис. 3.2); (СР-Сорг: $r=0,375$, рис. 3.4). Водночас, позитивні кореляційні взаємозв'язки присутні між СР і Тк мікроорганізмами (СР-Тк: $r=0,653$, рис. 3.5), ВОМ і Тк мікроорганізмами (ВОМ-Тк: $r=0,763$, рис. 3.12), Тк мікроорганізмами і Сорг (Тк-Сорг: $r=0,820$, рис. 3.10).

Тобто, енергія спряження СР і Тк мікроорганізмів, забезпечуючи тісну взаємодію між аеробами (ВОМ і Тк мікроорганізми), дозволяє Тк мікроорганізмам активно синтезувати органічні речовини води Нафтуса. Взаємозв'язки між ВОМ, СР мікроорганізмами і нафтопродуктами в цей час ослаблені.

В осінньо-зимовий період 2004-го р. спостерігається максимальна спряженість всіх груп автохтонів між собою. Позитивні кореляційні взаємозв'язки зберігаються між СР і Тк мікроорганізмами (СР-Тк: $r=0,844$, рис. 3.5), ВОМ і СР мікроорганізмами (ВОМ-СР: $r=0,757$, рис. 3.3), ВОМ і Тк мікроорганізмами (ВОМ-Тк: $r=0,987$, рис.3.12). При цьому, ВОМ і Тк мікроорганізми активно синтезують органічні речовини води Нафтуса (ВОМ-Сорг: $r=0,590$, рис.3.2), (Тк-Сорг: $r=0,501$, рис.3.10), тоді як кореляційні взаємозв'язки між СР мікроорганізмами і валовим вмістом органічного вуглецю відсутні (СР-Сорг: $r=0,183$, рис.3.4). Знаменно, що, водночас, для всіх груп автохтонів властиві негативні кореляційні взаємозв'язки з нафтопродуктами (субстратом) – (ВОМ-Нф: $r=-0,516$, рис. 3.1), (СР-Нф: $r=-0,315$, рис. 3.6), (Тк-Нф: $r=-0,536$, рис.3.7).

Тобто, при тісній взаємодії всіх груп автохтонів між собою метаболіти одних можуть бути субстратом для інших.

Привертають увагу стабільні негативні кореляційні взаємозв'язки між СР мікроорганізмами і Норг (рис. 3.8) та їх відсутність тіж Тк мікроорганізмами і Норг впродовж всього 2004-го р., незалежно від сезону. Однак, у весняно-літній період зафіксовані позитивні кореляційні взаємозв'язки між валовим вмістом органічного вуглецю і азоту (Сорг-Норг: $r=0,492$, рис. 3.11), а також тенденція до взаємодії між ВОМ і валовим вмістом органічного азоту (ВОМ- Норг: $r=0,365$), на тлі енергетичного спряження СР і Тк мікроорганізмів (СР-Тк: $r=653$, рис. 3.5), ВОМ і Тк мікроорганізмів (ВОМ-Тк: $r=763$, рис. 3.12) та участі останніх у синтезі органічних речовин води Нафтуса (Тк-Сорг: $r=0,820$, рис. 3.10).

Таким чином, енергія спряження між СР і Тк мікроорганізмами (анаеробами і аеробами) може використовуватися для взаємодії між строгими аеробами, ВОМ і Тк мікроорганізмами, за відсутності синтезу азотовмісних органічних сполук СР і Тк мікроорганізмами. В цей час їх незначною мірою синтезують ВОМ.

Інакше кажучи, азотовмісні органічні речовини правомірно розцінювати як потенційні регулятори (перемикачі) активності між досліджуваними групами автохтонної мікрофлори води Нафтуса.

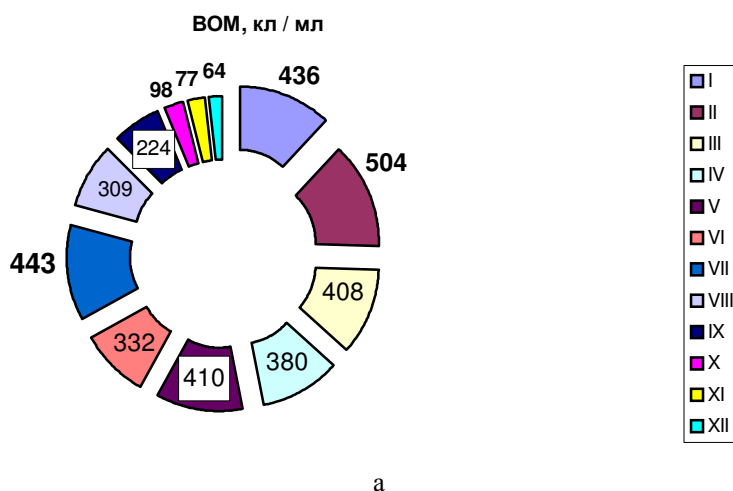
Насторожують, до деякої міри, позитивні кореляційні взаємозв'язки між СР і Тк мікроорганізмами, ВОМ і Тк мікроорганізмами, Тк мікроорганізмами та Сорг, виявлені як у весняно-літній, так і в осінньо-зимовий періоди 2004-го р. (табл. 6), проте відсутні при підрахунку загальнорічних коефіцієнтів кореляції (табл. 5). Це зумовлено, мабуть, дуже різкими змінами сезонної активності ВОМ, СР і Тк мікроорганізмів у 2004-у р. (табл. 1), котрі нівелюються при підрахунку середньорічної активності для кожної із досліджуваних груп автохтонної мікрофлори.

Не підлягає сумніву відтворюваність щомісячних природних процесів з року в рік, впродовж тривалого періоду часу. Через те, вважали за доцільне сформувати “збірний” рік, в котрому середньомісячні величини для досліджуваних параметрів і кореляційні зв'язки між ними підраховуються для кожного місяця, впродовж досліджуваного періоду (2000-2008 р.р.).

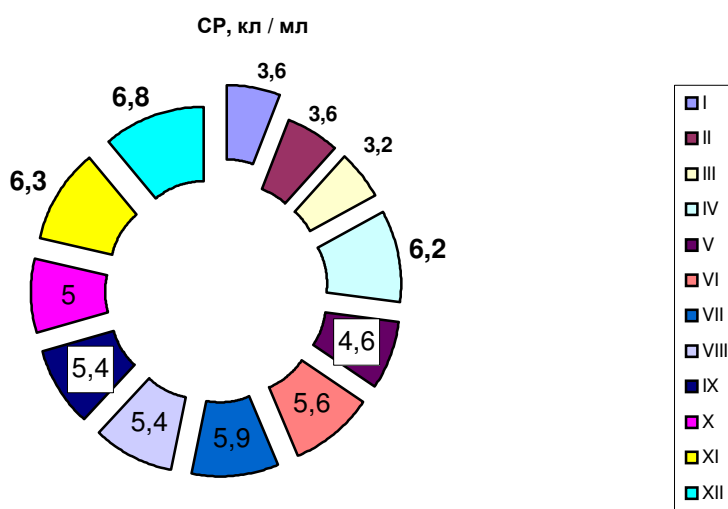
Встановлено, що, впродовж досліджуваного періоду (2000-2008 р.р.), максимальний ріст ВОМ спостерігається в січні і лютому, відповідно, 436 і 504 кл/мл. Починаючи з березня і до червня включно, ріст ВОМ дещо знижується і коливається в межах 400-300 кл/мл. У липні чисельність ВОМ знову є максимальною – 443 кл /мл, а з серпня (309 кл / мл) починається спад їх активності. У вересні ріст ВОМ знижується до 224 кл/мл, а в жовтні, листопаді і грудні є мінімальним і складає, відповідно, 98, 77 і 64 кл/мл (рис.4а).

Навпаки, ріст СР мікроорганізмів є мінімальним в січні, лютому і березні, відповідно, 3,6, 3,6 і 3,2 кл/мл. Починаючи з квітня, чисельність СР мікроорганізмів збільшується вдвічі (6,2 кл/мл), утримується в межах 5,0-5,9 кл/мл впродовж всього весняно-літнього періоду і перших місяців осені, і досягає максимальних значень в листопаді і грудні, відповідно, 6,3 і 6,8 кл/мл (рис. 4б).

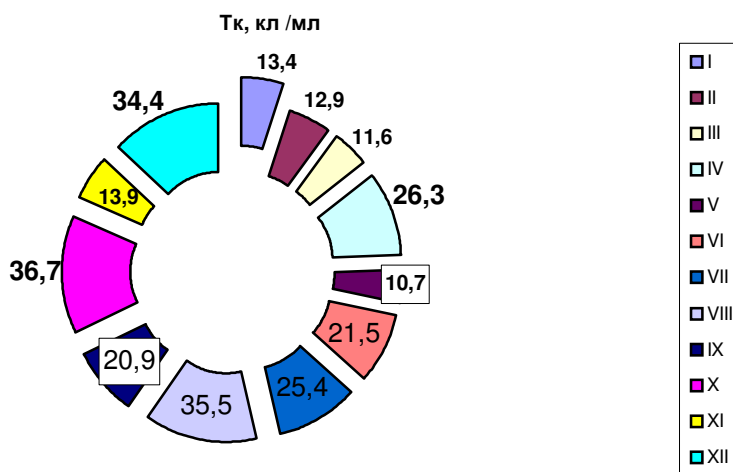
Рис. 4. Узагальнена щомісячна активність автохтонної мікрофлори води Нафтуса



а



б



с

Ріст Тк мікроорганізмів, як і СР, є мінімальним в січні, лютому і березні, відповідно, 13,4, 12,9 і 11,6 кл/мл. У квітні інтенсивність росту Тк мікроорганізмів також зростає вдвічі (26,3 кл/мл), проте вже в травні знижується до мінімуму (10,7 кл/мл), а впродовж червня-липня знову сягає попередньої величини (21,5 і 25,4 кл/мл, відповідно). Впродовж серпня, жовтня і грудня ріст Тк мікроорганізмів є максимальним, відповідно, 35,5, 36,7 і 34,4 кл/мл. Зниження інтенсивності росту

Тк мікроорганізмів у вересні є незначним (20,9 кл/мл), тоді як їх чисельність у листопаді є мінімальною (13,9 кл/мл) (рис. 4в).

Таким чином, весна і літо є періодом стабільного росту для ВОМ і СР мікроорганізмів, тоді як для Тк мікроорганізмів тривалий стабільний період росту відсутній. Періодом мінімальної інтенсивності росту є два останні місяці зими (січень, лютий) і перший місяць весни (березень). В другій половині року інтенсивність росту Тк мікроорганізмів змінюється щомісяця.

Встановлено, що всі три групи автохтонної мікрофлори води Нафтуса Трускавецького родовища чітко корелюють між собою впродовж року (табл.7). Зокрема, для ВОМ-СР мікроорганізмів загальнорічна кореляція є негативною ($r=-0,616$), максимально виражена в осінньо-зимовий період ($r=-0,912$) і відсутня у весняно-літній час ($r=-0,226$). Для ВОМ-Тк мікроорганізмів загальнорічна кореляція також є негативною ($r= -0,511$), однак стабільною впродовж року (весна-літо: $r=-0,559$; осінь-зима: $r=-0,668$). Навпаки, для СР-Тк мікроорганізмів загальнорічна кореляція є позитивною ($r= 0,583$), максимальною у весняно-літній період ($r=0,706$) і мінімальною у осінньо-зимовий час ($r=0,496$).

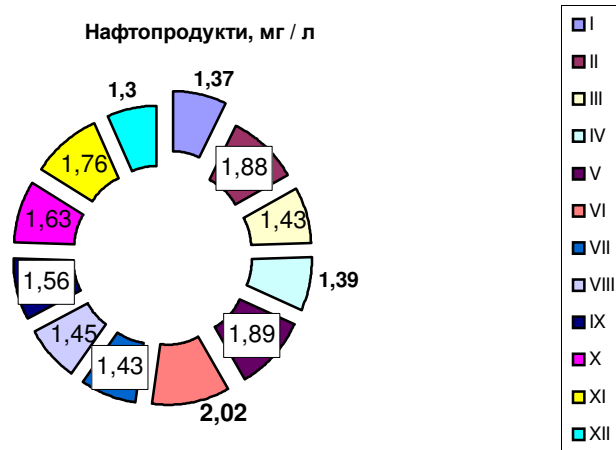
Як вже зазначалося, ВОМ є строгими аеробами, тоді як СР мікроорганізми – строгі анаероби. Тк мікроорганізми також є строгими аеробами, проте функціонально спряжені з СР мікроорганізмами в кругообігу сірки. Тобто, СР і Тк мікроорганізми, аероби і анаероби, створюють природну батарею, оскільки перші відновлюють сірку до сірководню (ступінь окислення сірки [-2]), тоді як Тк мікроорганізми забезпечують накопичення молекулярної сірки (ступінь окислення 0). Враховуючи чітке коливання інтенсивності росту Тк мікроорганізмів впродовж року, правомірно дійти висновку, що саме Тк мікроорганізми є функціональним “містком” між ВОМ і СР мікроорганізмами, чим забезпечують існування автохтонної мікрофлори води Нафтуса як єдиного цілого.

Таблиця 7. Кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою, органічними чинниками води Нафтуса та опадами впродовж “збірного” року

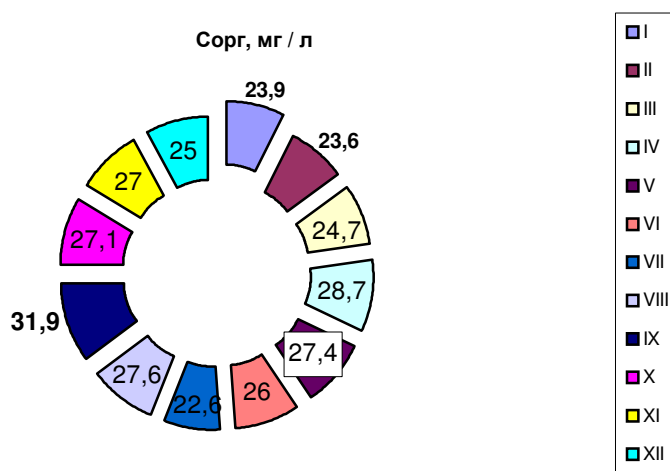
Масиви	Коефіцієнт кореляції, r		
	загальнорічний	В-Л	О-З
ВОМ-СР	-0,616	-0,226	-0,912
ВОМ-Тк	-0,511	-0,559	-0,668
СР-Тк	0,583	0,706	0,496
Нф-Сорг	0,073	0,128	0,032
Нф-Норг	-0,078	0,806	-0,869
Сорг-Норг	0,012	0,478	-0,278
ВОМ- Нф	0,105	-0,230	0,239
ВОМ- Сорг	-0,389	-0,567	-0,428
ВОМ-Норг	-0,316	-0,213	-0,076
СР- Нф	-0,116	-0,016	-0,273
СР- Сорг	0,294	0,200	0,383
СР-Норг	0,069	-0,275	0,264
Тк- Нф	-0,402	-0,398	-0,420
Тк- Сорг	0,177	0,185	0,173
Тк-Норг	-0,139	-0,507	0,048
Опади- ВОМ	0,218	-0,409	-0,064
Опади- СР	0,117	0,362	0,126
Опади- Тк	0,211	0,725	-0,365
Опади- Нф	0,001	-0,114	0,154
Опади- Сорг	0,199	-0,096	0,847
Опади-Норг	-0,416	-0,170	-0,182

Мінімальний вміст нафтопродуктів (Нф) у воді Нафтуса Трускавецького родовища зареєстрований у грудні, січні і квітні (1,3, 1,37 і 1,39 мг/л, відповідно), максимальний – у червні (2,02 мг/л). У лютому і травні вміст нафтопродуктів є підвищеним і співрозмірним, відповідно, 1,88 і 1,89 мг/л, тоді як в березні дещо зниженим – 1,43 мг/л. Такий же вміст нафтопродуктів у воді Нафтуса спостерігається і в два останні місяці літа (липень, серпень) – 1,43 мг/л. Восени (вересень, жовтень, листопад) вміст нафтопродуктів у воді Нафтуса дещо зростає (1,56, 1,63 і 1,76 мг/л, відповідно) (рис. 5а).

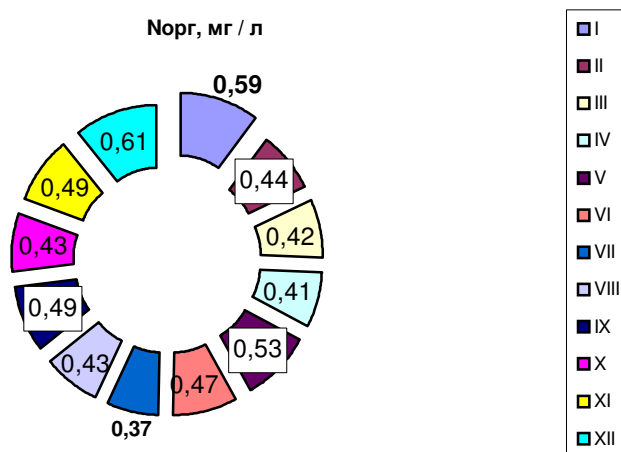
Рис. 5. Узагальнений щомісячний вміст органіки у воді Нафтуса.



а



б



с

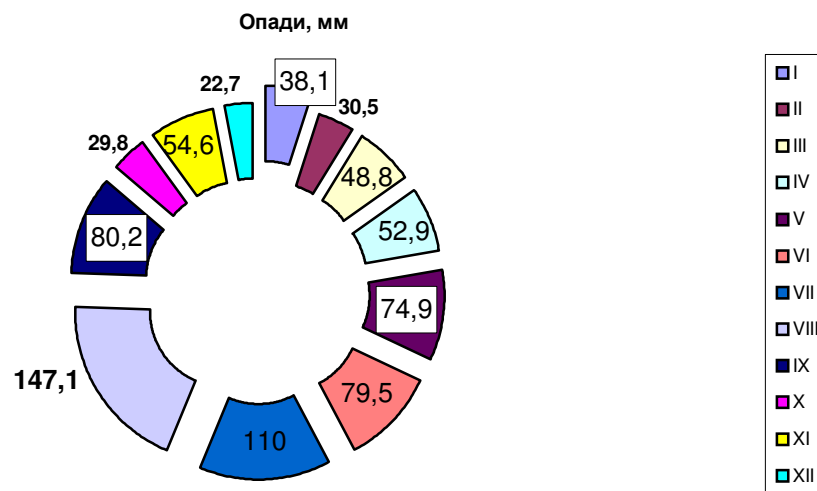
Мінімальний вміст Сорг у воді Нафтуса зареєстрований у січні, лютому і липні (23,9, 23,6 і 22,6 мг/л), максимальний у вересні - 31,9 мг/л. Впродовж решти місяців вміст Сорг коливається в межах 24-28 мг/л (рис. 5б).

Навпаки, у грудні і січні зареєстрований максимальний вміст Норг у воді Нафтуса Трускавецького родовища (0,61 і 0,59 мг/л, відповідно), а через півроку, у липні – мінімальний вміст Норг (0,37 мг/л). Впродовж решти місяців вміст Норг у воді Нафтуса є стабільним, в межах 0,4-0,5 мг/л (рис. 5в).

Таким чином, валовому вмісту органічних складових води Нафтуса також властиві коливання впродовж року, проте загальнорічних кореляційних взаємозв'язків між досліджуваними органічними складовими не виявлено (Нф-Сорг: $r = 0,073$; Нф-Норг: $r = -0,078$; Сорг- Норг: $r = 0,012$). Сезонні кореляційні взаємозв'язки між валовим вмістом нафтопродуктів і органічного азоту є реципрокними (весна-літо - Нф-Норг: $r = 0,806$; осінь-зима - Нф-Норг: $r = -0,869$; табл. 7).

Водночас, виявлено лише тенденцію загальнорічних кореляційних взаємозв'язків між автохтонною мікрофлорою і органічними складовими води Нафтуса. Зокрема, негативні кореляційні взаємозв'язки зареєстровані для ВОМ-Сорг: $r = -0,389$; ВОМ- Норг: $r = -0,316$ і Тк-Нф: $r = -0,402$. Між ВОМ-Нф: $r = 0,105$; СР-Нф: $r = -0,116$; СР-Сорг: $r = 0,294$; СР- Норг: $r = 0,069$; Тк-Сорг: $r = 0,177$; Тк- Норг: $r = -0,139$ загальнорічні кореляційні взаємозв'язки відсутні (табл. 7).

Рис. 6. Узагальнена щомісячна інтенсивність опадів на Трускавецькому родовищі води Нафтуса.



Встановлено, що мінімальна кількість опадів припадає на зимові місяці: грудень, січень і лютий, відповідно, 22,7, 38,1 і 30,5 мм. Починаючи з березня, кількість опадів стрімко зростає, досягаючи максимуму в липні і серпні (110 і 147,1 мм, відповідно). Зниження кількості опадів восени відбувається скачкоподібно: у вересні – в 1,8 р. порівняно з серпнем; у жовтні їх кількість є мінімальною – 29,8 мм; у листопаді – зростає в 1,8 р. порівняно з жовтнем (рис. 6). Вологі весна і літо, суха середина осені і малосніжний початок зими – традиційні для Карпатського регіону.

Виявлено лише тенденцію загальнорічних кореляційних взаємозв'язків між кількістю опадів і концентрацією органічного азоту у воді Нафтуса Трускавецького родовища (опадів-Норг: $r = -0,416$). Між кількістю опадів і автохтонною мікрофлорою (опадів-ВОМ: $r = 0,218$; опадів-СР: $r = 0,117$; опадів-Тк: $r = 0,211$), а також нафтопродуктами (опадів-Нф: $r = 0,001$) і валовим вмістом органічного вуглецю (опадів-Сорг: $r = 0,199$) загальнорічні кореляційні взаємозв'язки відсутні (табл. 7).

Однак, аналіз щомісячних кореляційних взаємозв'язків між автохтонною мікрофлорою, органічними складовими води Нафтуса і опадами звizuалізував глибинну природу їх взаємодії (табл. 8).

Узгоджена динаміка кореляційних взаємозв'язків між ВОМ і нафтопродуктами та ВОМ і валовим вмістом органічного вуглецю є очікуваною. Зокрема, максимальна позитивна кореляція ВОМ-Нф у травні супроводжується позитивною кореляцією ВОМ-Сорг. Зниження в серпні коефіцієнта кореляції ВОМ-Нф вдвічі супроводжується тенденцією до негативної кореляції між ВОМ-Сорг. У жовтні ситуація аналогічна травневій (рис. 7а).

Таким чином, дані моніторингу підтверджують, з'ясовану нами *in vitro* [6, 7], роль ВОМ в окисленні породи і накопиченні органічних чинників води Нафтуса. Останні, як кінцевий продукт мікробного синтезу, здатні протидіяти взаємодії ВОМ і нафтопродуктів.

Таблиця 8. Щомісячні кореляційні взаємозв'язки між автохтонною мікрофлорою, органічними чинниками води Нафтуса та інтенсивністю опадів

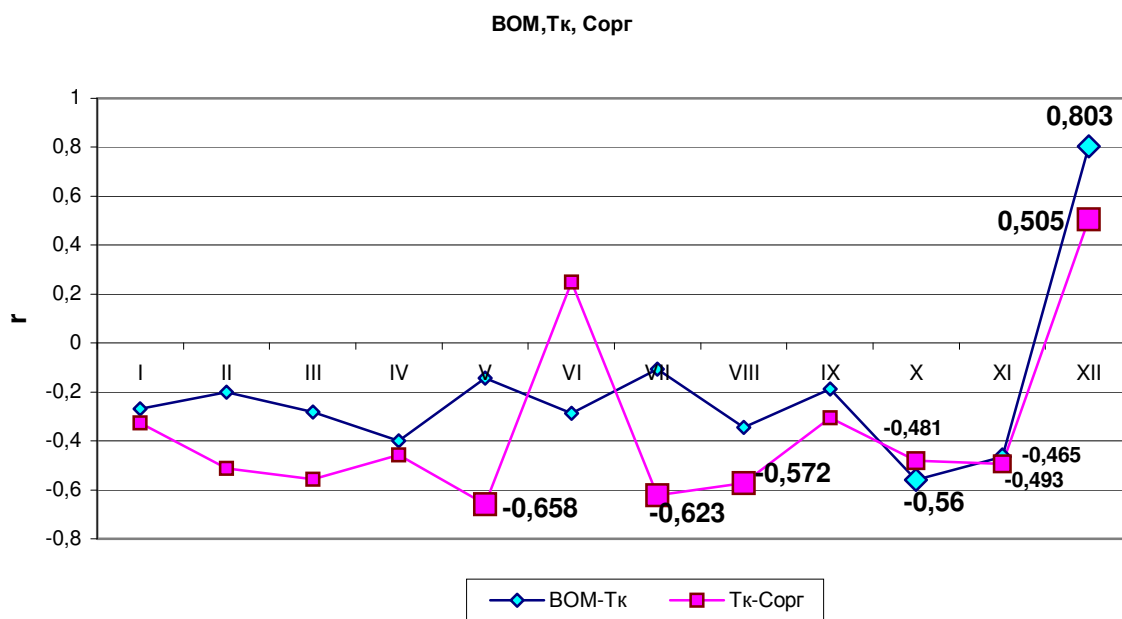
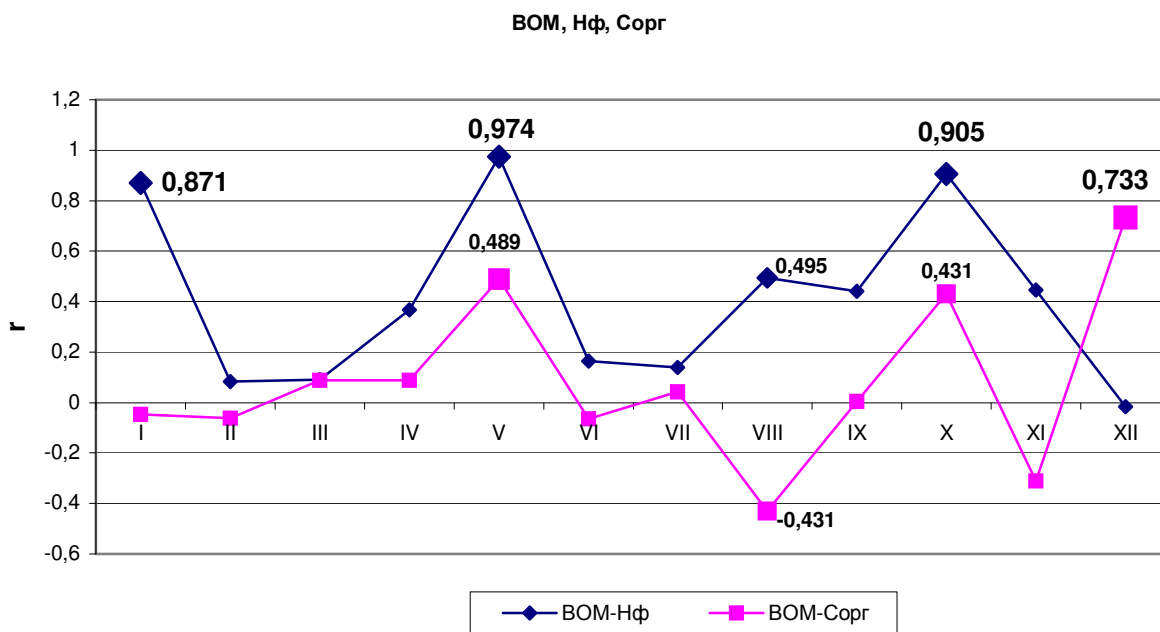
Масиви	r / Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ВОМ- Нф	0,871	0,083	0,090	0,367	0,974	0,163	0,138	0,495	0,440	0,905	0,446	-0,015
ВОМ- Сорг	-0,046	-0,063	0,089	0,088	0,487	-0,064	0,042	-0,431	0,005	0,431	-0,311	0,733
СР-Тк	0,570	0,482	0,899	0,305	0,672	0,601	0,286	0,783	0,701	0,775	0,621	0,326
СР-Норг	0,760	0,510	0,647	0,184	0,631	0,365	0,112	0,629	-0,005	0,351	-0,190	0,146
Тк-Норг	0,672	0,343	0,400	0,104	0,146	0,015	0,400	0,866	-0,146	0,423	0,308	-0,185
СР- Нф	0,175	-0,011	-0,467	-0,547	-0,500	-0,513	0,348	-0,632	0,160	-0,350	-0,526	0,058
Тк- Нф	-0,292	-0,214	-0,493	-0,172	-0,019	-0,263	0,830	-0,530	-0,122	-0,582	-0,410	-0,407
Опади- СР	0,685	0,227	0,375	-0,275	0,601	0,413	0,427	0,082	-0,258	0,221	-0,523	0,955
Опади- Тк	0,597	-0,281	0,308	0,726	0,252	-0,184	0,809	0,567	0,138	0,853	-0,686	-0,024
Опади- Нф	0,508	0,357	-0,266	-0,124	0,562	-0,640	0,738	0,352	-0,601	-0,118	0,365	0,052
ВОМ-Тк	-0,269	-0,200	-0,282	-0,400	-0,144	-0,286	-0,106	-0,344	-0,189	-0,560	-0,465	0,803
Тк- Сорг	-0,327	-0,512	-0,556	-0,457	-0,658	0,250	-0,623	-0,572	-0,306	-0,481	-0,493	0,505
ВОМ-СР	0,356	-0,097	-0,432	-0,101	-0,554	-0,169	-0,350	-0,540	0,116	-0,363	-0,306	-0,084
СР- Сорг	-0,229	-0,515	-0,673	0,016	-0,747	-0,400	-0,447	-0,185	-0,463	-0,616	-0,294	-0,442
Нф-Сорг	0,098	-0,283	0,499	-0,405	0,482	-0,041	-0,764	0,269	0,276	0,145	0,371	-0,176
Нф-Норг	-0,160	0,278	-0,207	0,007	-0,231	-0,529	0,351	-0,501	0,242	-0,001	0,509	-0,096
ВОМ-Норг	-0,071	-0,137	-0,139	-0,370	-0,268	-0,461	-0,556	-0,341	0,356	0,008	-0,243	-0,298
Сорг-Норг	-0,429	-0,002	-0,525	-0,613	-0,255	-0,187	-0,047	-0,620	-0,002	-0,212	0,076	-0,487
Опади- ВОМ	-0,608	-0,444	0,302	-0,218	0,629	-0,652	-0,121	0,421	-0,206	-0,603	-0,017	-0,416
Опади- Сорг	0,177	-0,535	-0,400	-0,439	-0,148	-0,022	-0,753	-0,320	-0,834	-0,440	0,832	-0,734
Опади-Норг	0,440	-0,379	0,116	0,012	0,153	0,277	0,411	0,114	-0,076	0,434	-0,102	0,109

Заслуговує на увагу максимальна позитивна кореляція ВОМ-Сорг ($r=0,733$) у грудні, за відсутності кореляції між ВОМ і нафтопродуктами (рис. 7а). В цей же час спостерігаються, єдині впродовж року, позитивна кореляція між ВОМ і Тк мікроорганізмами ($r=0,803$, рис.7б), а також між Тк мікроорганізмами і валовим вмістом органічного вуглецю (Тк-Сорг: $r=0,505$, рис. 7б). Враховуючи, що в грудні чисельність ВОМ є мінімальною (рис. 4а), а чисельність Тк мікроорганізмів – максимальною (рис. 4в), правомірно дійти висновку, що Тк мікроорганізми, як строгі аероби, сприяють засвоєнню ВОМ органічних чинників води Нафтуса, що завершується в січні максимальною чисельністю ВОМ (рис. 4а) і позитивною кореляцією ВОМ-Нф ($r=0,871$, рис. 7а).

Вище означеним процесам можуть сприяти зміни у водоносному горизонті.

Встановлено, що в першій половині року динаміка засвоєння ВОМ нафтопродуктів синхронізована з їх розчинністю у водоносному горизонті (рис. 8а). Зокрема, в січні і травні, коефіцієнти кореляції ВОМ-Нф ($r=0,871$ і $r=0,974$) та Опади-Нф ($r=0,508$ і $r=0,562$) є вірогідними. А відсутність кореляційних взаємозв'язків ВОМ-Нф у червні супроводжується негативною кореляцією Опади-Нф ($r=-0,64$). Тобто, в першій половині року ситуація є класичною, позаяк добра розчинність нафтопродуктів у воді сприяє їх засвоєнню ВОМ на синтез органічних речовин води Нафтуса.

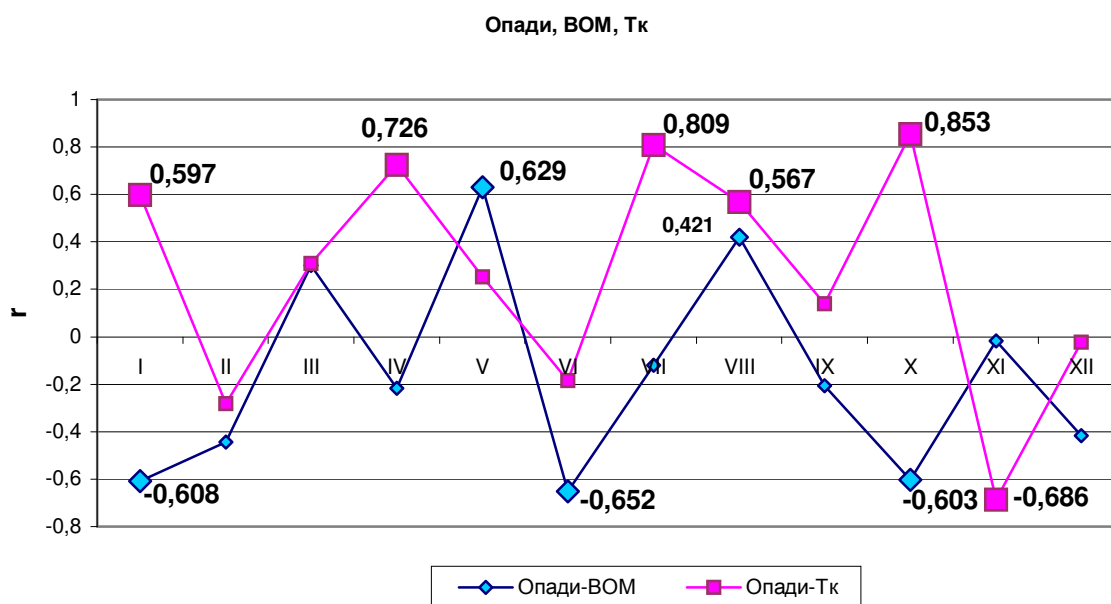
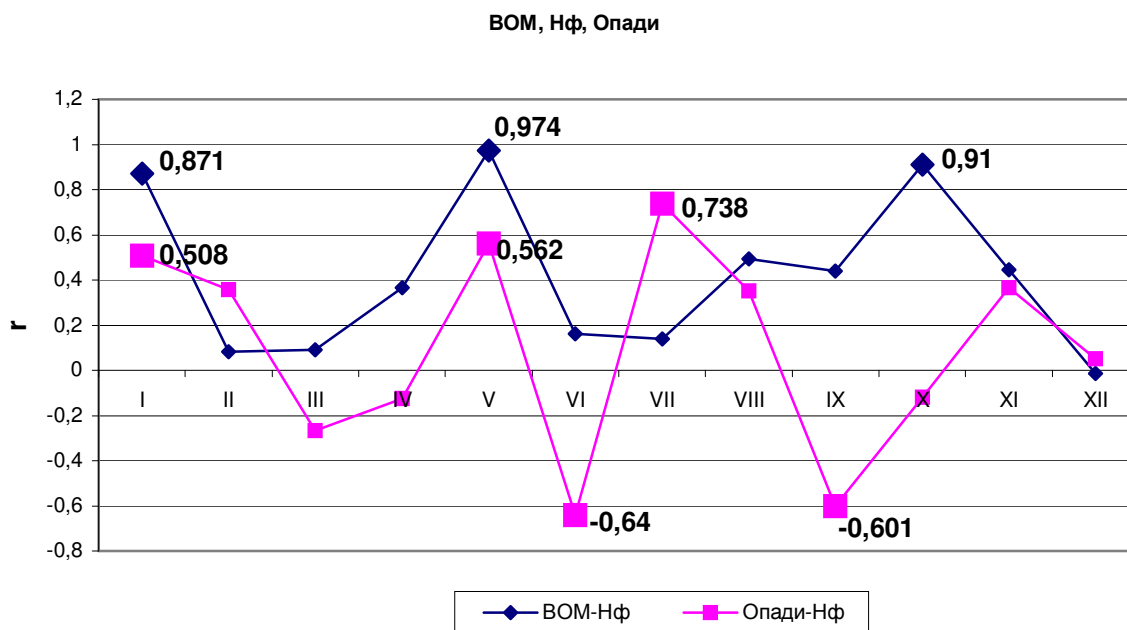
Рис. 7. Динаміка кореляційних взаємозв'язків між ВОМ, Тк мікроорганізмами, нафтопродуктами і валовим вмістом органічного вуглецю впродовж узагальненого року.



В липні кореляційні взаємозв'язки між інтенсивністю опадів і вмістом нафтопродуктів є позитивними ($r=0,738$), проте взаємодія між ВОМ і нафтопродуктами відсутня (рис. 8а). У вересні тенденція до засвоєння ВОМ нафтопродуктів (ВОМ-Нф: $r=0,440$) простежується на тлі негативних кореляційних взаємозв'язків між інтенсивністю опадів і вмістом нафтопродуктів (Опади-Нф: $r=-0,601$), а в жовтні максимальне засвоєння ВОМ нафтопродуктів на синтез органічних речовин води Нафтуса (ВОМ-Нф: $r=0,91$) супроводжується відсутністю кореляції між опадами і нафтопродуктами (рис. 8а).

“Злам” стандартних кореляційних взаємозв'язків між активністю ВОМ, вмістом нафтопродуктів та інтенсивністю опадів, у другій половині року, може бути зумовлена “втручанням” Тк мікроорганізмів.

Рис. 8. Вплив динаміки кореляційних взаємозв'язків між опадами, ВОМ і Тк мікроорганізмами на здатність ВОМ засвоювати нафтопродукти.

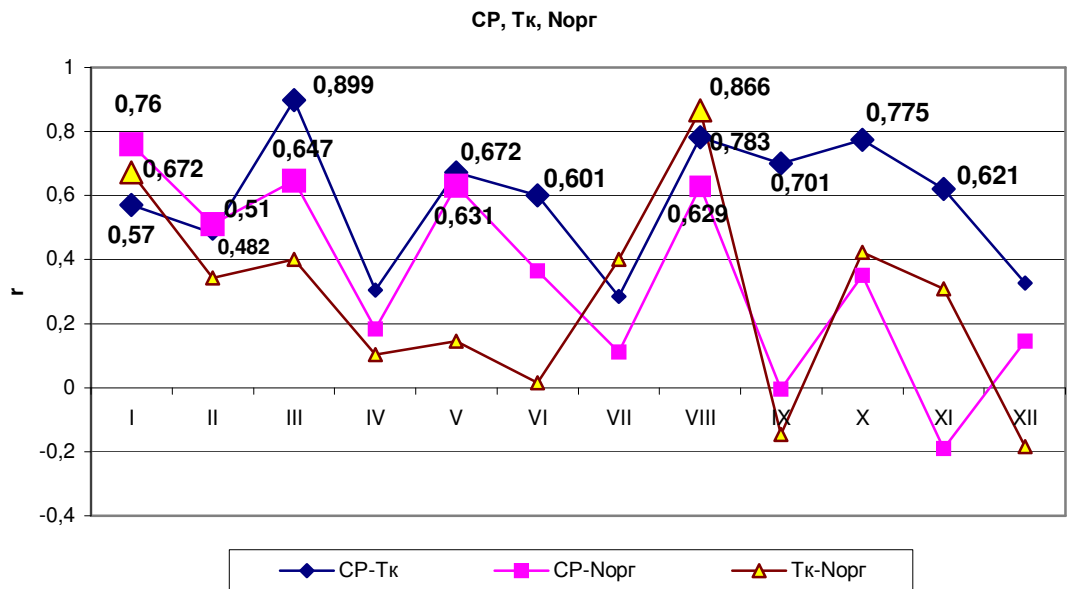


Зазвичай, кореляційні взаємозв'язки між опадами і ВОМ та опадами і Тк мікроорганізмами є реципрокними (рис. 8б). Зокрема, в липні зафіксовані максимальні позитивні кореляційні взаємозв'язки між опадами і Тк мікроорганізмами (Опади-Тк: $r=0,809$), за їх відсутності між опадами і ВОМ. В жовтні максимальним є “протистояння” між значеннями коефіцієнта кореляції для Опади-Тк ($r=0,853$) і Опади-ВОМ ($r=-0,603$).

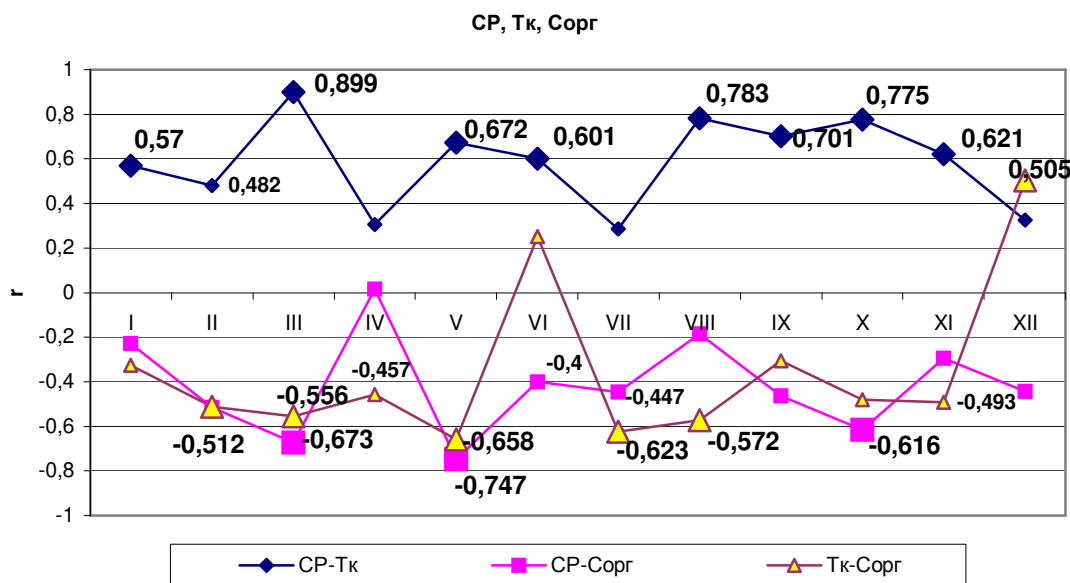
Враховуючи, що в жовтні чисельність Тк мікроорганізмів є максимальною (рис. 4в), а чисельність ВОМ (рис. 4а), як і кількість опадів (рис. 6) – мінімальними, правомірно дійти висновку, що Тк мікроорганізми здатні сприяти засвоєнню нафтопродуктів ВОМ, за

несприятливих умов у водоносному горизонті. Логічним продовження цих процесів є, єдина в році, позитивна взаємодія між ВОМ і Тк мікроорганізмами у грудні ($r=0,803$, рис. 7б), а завершенням - максимальна чисельність ВОМ у січні (рис. 4а), їх позитивна кореляція з нафтопродуктами, а останніх- з опадами (рис. 8а), тоді як чисельність Тк мікроорганізмів у січні знизилась до мінімуму (рис. 4в).

Рис. 9. Роль органічних чинників води Нафтуса у взаємодії СР і Тк мікроорганізмів.



а



б

Встановлено, що позитивні кореляційні взаємозв'язки між СР і Тк мікроорганізмами тривають впродовж більшої частини року, за винятком квітня, липня і грудня (рис. 9 а,б).

Позитивна кореляція між СР мікроорганізмами і валовим вмістом органічного азоту, і в меншій мірі, між Тк мікроорганізмами і Норґ, сприяє спряженню між СР і Тк мікроорганізмами. Зокрема, в першій половині року, динаміка коефіцієнта кореляції r між СР-Тк мікроорганізмами і між СР-Норґ є ідентичною (рис. 9а), а в серпні коефіцієнти кореляції між СР-Тк, СР-Норґ і Тк-Норґ є максимальними.

Однак, починаючи з вересня і до кінця року, спряження між СР і Тк мікроорганізмами відбувається за відсутності взаємодії між СР, Тк мікроорганізмами і валовим вмістом органічного азоту (рис. 9а).

Водночас, спряженню між СР і Тк мікроорганізмами сприяють негативні кореляційні взаємозв'язки між цими автохтонами і валовим вмістом органічного вуглецю. Зокрема, в першій половині року, динаміка коефіцієнта кореляції r між СР і Тк мікроорганізмами є дзеркальним відображенням негативних кореляційних взаємозв'язків між СР, Тк мікроорганізмами і Сорг (рис. 9б).

В липні негативні кореляційні взаємозв'язки між Тк мікроорганізмами і Сорг є вірогідними ($r=-0,623$), спостерігається тенденція до негативних кореляційних взаємозв'язків між СР мікроорганізмами і Сорг ($r=-0,447$), проте спряження між СР і Тк мікроорганізмами відсутнє (рис. 9б). В серпні взаємодія між СР і Тк мікроорганізмами супроводжується негативними кореляційними взаємозв'язками лише між Тк мікроорганізмами і Сорг ($r=-0,572$), а в жовтні – лише між СР мікроорганізмами і Сорг ($r=-0,616$), тоді як спряження між цими автохтонами у вересні (СР-Тк: $r=0,701$) і листопаді (СР-Тк: $r=0,621$) відбувається за відсутності їх взаємодії з валовим вмістом органічного вуглецю (рис. 9б).

В грудні зареєстрована, єдина за весь рік, позитивна кореляція між Тк мікроорганізмами і Сорг ($r=0,505$), за відсутності кореляційних взаємозв'язків між СР і Тк мікроорганізмами та між СР мікроорганізмами і Сорг.

Таким чином, в другій половині року, взаємодія між СР і Тк мікроорганізмами відбувається на тлі перебудови їх кореляційних взаємозв'язків з валовим вмістом органічного азоту і органічного вуглецю.

Варте уваги, що в липні зареєстрована, єдина за весь рік, позитивна кореляція між Тк мікроорганізмами і нафтопродуктами (Тк-Нф: $r=0,830$, рис. 10а). Позитивна кореляція, лише в 2,4 р. менша за величиною, є в цей час між СР мікроорганізмами і нафтопродуктами (СР-Нф: $r=0,348$). В липні зареєстрована також максимальна позитивна кореляція між величиною опадів і вмістом нафтопродуктів (Опади-Нф: $r=0,738$) та між величиною опадів і чисельністю Тк мікроорганізмів (Опади-Тк: $r=0,809$) у воді Нафтуса (рис. 10б). Водночас, спостерігається тенденція до позитивних взаємозв'язків між інтенсивністю опадів і чисельністю СР мікроорганізмів (Опади-СР: $r=0,427$).

Привертає увагу, що в першій половині року, динаміка коефіцієнта кореляції r між Тк мікроорганізмами і валовим вмістом органічного азоту (Тк-Норг) та між ВОМ і валовим вмістом органічного азоту (ВОМ-Норг) є ідентичною (рис. 11). В липні, відсутність взаємозв'язків між СР і Тк мікроорганізмами відбувається на тлі максимальних негативних взаємозв'язків між ВОМ і валовим вмістом органічного азоту (ВОМ-Норг: $r=-0,556$). У вересні спряження СР і Тк мікроорганізмів ($r=0,701$) забезпечується, єдиною за весь рік, тенденцією до позитивних кореляційних взаємозв'язків між ВОМ і валовим вмістом органічного азоту (ВОМ-Норг: $r=0,356$), за відсутності взаємодії між СР- Норг та Тк- Норг. Навпаки, у жовтні, тенденція до позитивних кореляційних взаємозв'язків між СР-Норг ($r=0,351$) та між Тк-Норг ($r=0,423$) забезпечує “зміцнення” взаємодії між СР і Тк мікроорганізмами ($r=0,775$), за відсутності взаємодії між ВОМ-Норг. У листопаді, вірогідне значення коефіцієнту кореляції між СР і Тк мікроорганізмами ($r=0,621$) забезпечується лише тенденцією до позитивних кореляційних взаємозв'язків між ВОМ-Норг ($r=0,308$).

У грудні, “розімкнення” батареї відбувається на тлі тотальної відсутності кореляційних взаємозв'язків між всіма автохтонами і валовим вмістом органічного азоту (рис. 11).

Водночас, як вже зазначалося, у грудні зареєстровані, єдині впродовж року, позитивна кореляція між ВОМ і Тк мікроорганізмами ($r=0,803$, рис.7б) та між Тк мікроорганізмами і валовим вмістом органічного вуглецю (Тк-Сорг: $r=0,505$, рис. 7б), а також максимальні позитивна кореляція ВОМ-Сорг ($r=0,733$) та Опади-СР ($r=0,955$).

Навпаки, у січні, максимальне значення коефіцієнту кореляції між СР мікроорганізмами і Норг ($r=0,760$), позитивна кореляція між Тк мікроорганізмами і Норг ($r=0,672$), а також тенденція до позитивних кореляційних взаємозв'язків між ВОМ і СР мікроорганізмами ($r=0,356$), сприяє максимальному росту ВОМ (рис. 4а) і їх здатності засвоювати нафтопродукти (ВОМ-Нф, $r=0,871$). В цей час чисельність СР і Тк мікроорганізмів є мінімальною (рис. 4б, в).

Таким чином, правомірно дійти висновку, що азотовмісні органічні сполуки води Нафтуса є регуляторами активності її автохтонної мікрофлори, і одночасно, продуктами життєдіяльності цієї мікрофлори, що властиво природним біоценозам.

Рис. 10. Роль факторів водоносного горизонту (інтенсивності опадів та розчинності нафтопродуктів) у взаємодії СР і Тк мікроорганізмів.

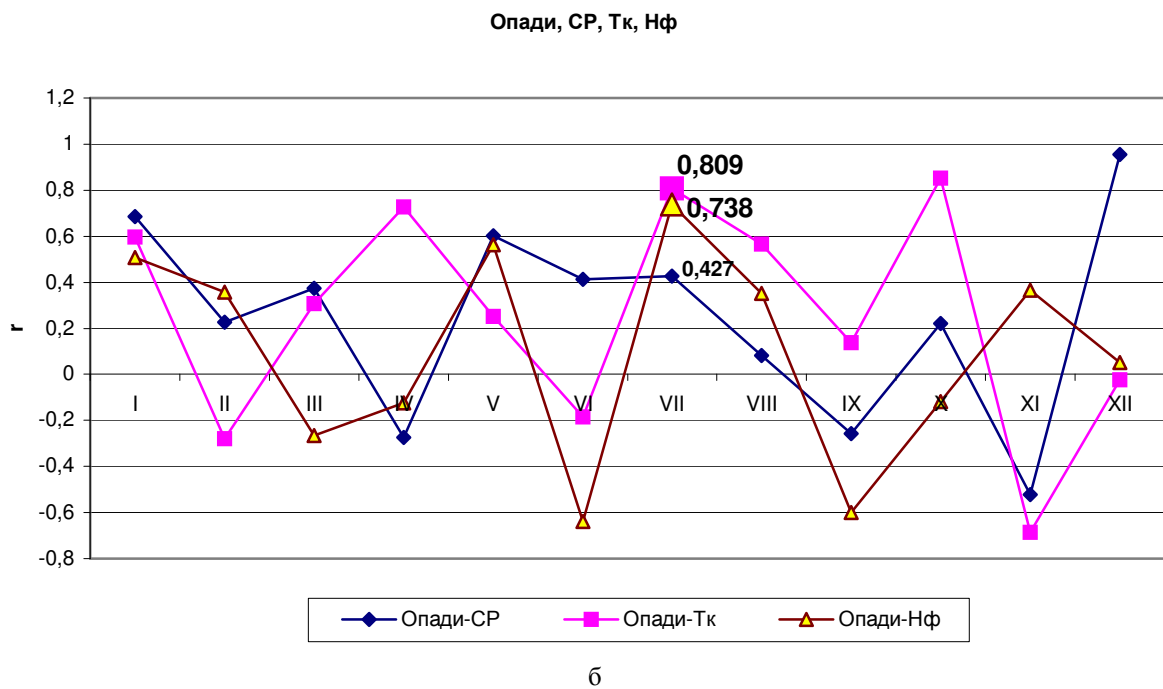
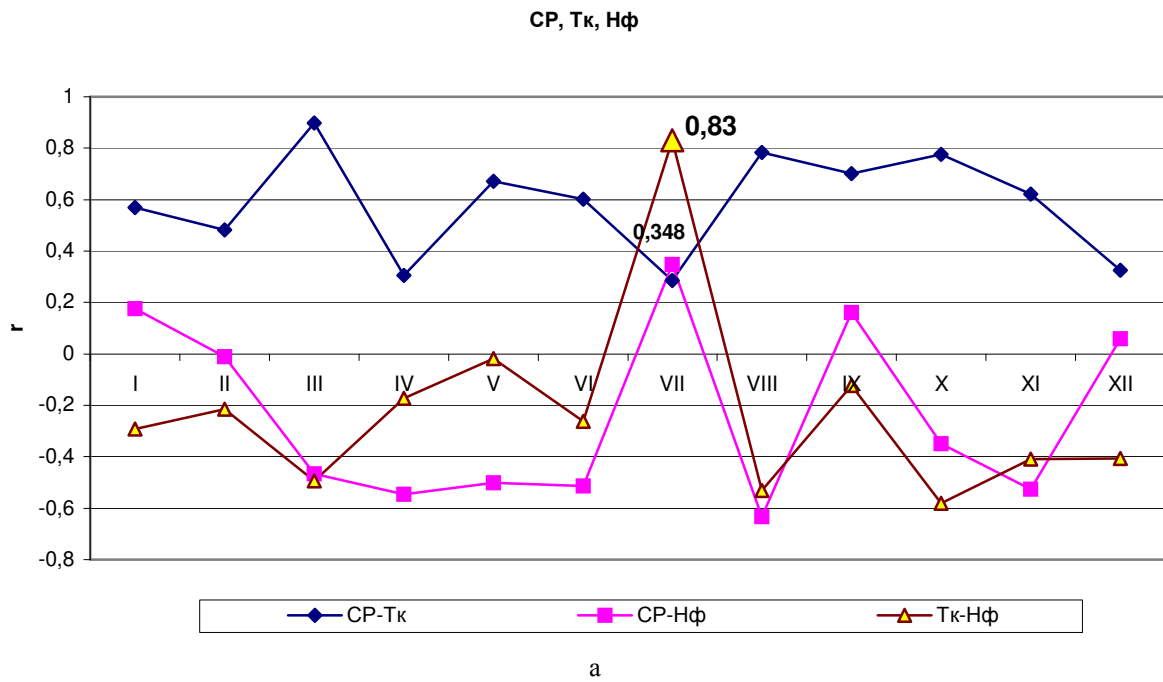
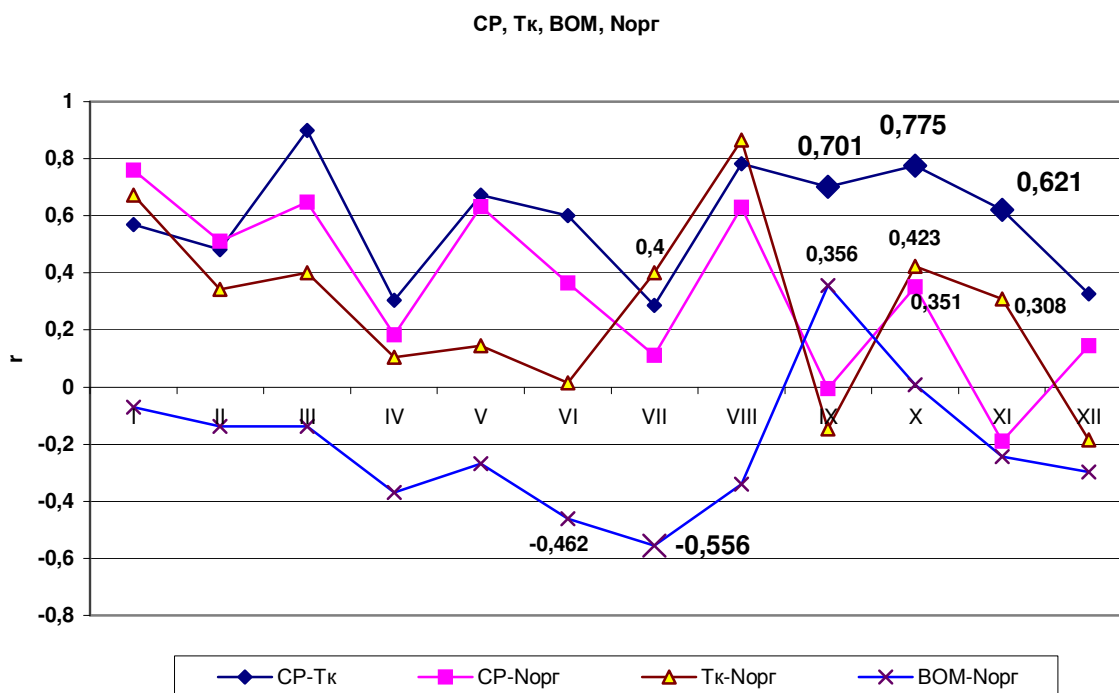


Рис. 11. Роль азотовмісних органічних сполук у взаємодії автохтонної мікрофлори води Нафтуся



Зазвичай, органічний азот є складовою ароматичних сполук, зокрема, поліфенолів. Четвертинний азот хінолізинового кільця забезпечує нейтральне рН водних розчинів берберину [16].

В Нафтусі виявлені поліциклічні ароматичні вуглеводні [2] – потенційні “донори” органічного азоту. Нами встановлено [8], що поліфеноли води Нафтуся Трускавецького родовища є рослинного походження, тобто проникають у водоносний горизонт разом з опадами. Водночас, нами показано, що вода Нафтуся є бікарбонатним буфером, роль катіона в котрому може виконувати четвертинний азот її органічних сполук [11].

Як вже зазначалося, перебудова кореляційних взаємозв’язків між досліджуваними групами автохтонів і валовим вмістом органічного азоту розпочинається в липні, в сезон знаменитих карпатських дощів. Надлишок дощової води у водоносному горизонті, збагаченої органікою рослинного походження, може суттєво змінювати буферну ємність Нафтусі – доміанти життєвого середовища її автохтонної мікрофлори. І як все живе, автохтони, адекватно змінюючи свою активність, нормалізують власне життєве середовище. Регуляторами виступають привнесені і, мабуть, власні азотовмісні органічні сполуки.

Таким чином, моніторинг активності автохтонної мікрофлори води Нафтуся та її взаємозв’язків з органічними чинниками цієї води засвідчив, що Трускавецьке родовище води Нафтуся є природним біогеоценозом. Його вікове самовідтворення, що є брендом оздоровлення на курорті Трускавець, зумовлене невсипущою “трудою діяльністю” автохтонів - вуглеводеньокислюючих, сульфатредуючих і тіоновокислих мікроорганізмів, що створюють собі “комфортні” умови для власної життєдіяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барс Е.А., Коган С.С. Методическое руководство по исследованию органических веществ подземных вод нефтегазоносных областей.- М.: Недра, 1979.-224 с.
2. Бегунова Г.С., Сердан А.А., Клячко Ю.А. Качественный анализ углеводородов минеральной воды “Нафтуся” // Вопр. курортол.- 1985.- № 6.- С. 15-19.
3. ГОСТ 26449.1-85. Методы химического анализа при опреснении солёных вод. Метод определения нефтепродуктов.- Москва, 1985.
4. ДСТУ 878-93. Метод сухого спалювання для визначення валового вмісту органічних речовин у зразках води : Затверджений Вченою радою УкрНДІ МР та К.- Одеса, 1993.
5. Ивасивка С.В. Новые методологические подходы к идентификации вод типа Нафтуся и результаты их применения для оценки режима эксплуатации трускавецкого месторождения // Вопр. курортол.- 1993.- № 1.- С. 49-53.
6. Ивасивка С.В. Біологічно активні речовини води Нафтуся, їх генез та механізми фізіологічної дії.- К.: Наук. думка, 1997.- 111 с.

7. Івасівка С.В., Попович І.Л., Аксентійчук Б.І., Білас В.Р. Природа бальнеочинників води Нафтуса і суть її лікувально-профілактичної дії.- Трускавець: Трускавецькурорт, 1999.- 125 с.
8. Івасівка С.В., Бубняк А.Б., Ковбаснюк М.М., Попович І.Л. Походження та роль фенолів у водах родовища Нафтусі // Проблеми патології в експерименті та клініці.- Львів, 1994.- Т. 15.- С. 6-11.
9. Івасівка С.В., Ковбаснюк М.М. Стимуляція еритропоезу мінеральною водою Нафтуса і її біотехнологічним аналогом // Мат. н.-практ. конф. "Чорнобиль та здоров'я населення".- К., 1994, том II.- С.38-39.
10. Івасівка С.В., Ковбаснюк М.М., Білас В.Р., Стеців Л.Є. Стан автохтонних мікроорганізмів у воді Нафтуса Трускавецького родовища // Медична гідрологія та реабілітація.-2005.- Т. 3.-№ 1.- С.5-8.
11. Івасівка С.В., Ковбаснюк М.М., Ружилюк С.В., Попович І.Л. Модуляція біоактивною водою "Нафтуса" ендотеліязалежних та ендотеліязалежних вазомоторних реакцій. Експерименти на щурах.- В кн.: Бальнеотерапія в кардіоангіології / За ред. М.В. Лободи, С.В. Ружилюк, С.В. Івасівки, Б.І. Аксентійчука, І.Л.Поповича.- К.: Купріянова, 2005.- С. 136-145.
12. Квасников Е.И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных бассейнах.- К.: Наук. думка, 1981.- 131 с.
13. Кузнецов С.И. Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность.- Л.: Наука, 1970.- 435 с.
14. Ломейко С.М., Івасівка С.В., Ковбаснюк М.М. Гемопоетична активність води Нафтуса та її відтворення метаболітами автохтонної мікрофлори // Укр. Бальнеол. журн.- 1998.- Т.1.- № 2-3.- С. 20-24.
15. Ніколенко С.І., Глуховська С.М., Померанц М.Л. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв на їх основі.-Ч.2. Мікробіологічні дослідження.- Спец. вид-во: ЮНЕСКО-Соціо.- С. 19-21.
16. Потопальський А.И., Петличная Л.И., Івасівка С.В. Барбарис и его препараты в биологии и медицине.- К.: Наук. думка, 1989.- 288 с.
17. Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоёмах.- Л.: Наука, 1985.- 295 с.
18. УЦДСЕН. Інформаційний лист "Бактеріологічний контроль поживних середовищ" № 05.4.1. / 1670 від 15. 11. 2000 р. – Київ, 2000.- С. 7.
19. Физиологические основы лечебного действия воды Нафтуса / М.С. Яременко, С.В. Івасівка, І.Л. Попович и др.- К.: Наук. думка, 1989.- 144 с.

S.V. IVASIVKA, M.M. KOVBASNYUK, A.B. BUBNYAK, D.G. SOVYAK

MONITORING OF THE AUTOCHTONIC MICROFLORA ACTIVITY OF THE WATER NAFTUSSYA OF THE TRUSKAVETS' LAYER AND ITS RELATIONSHIPS WITH ORGANIC SUBSTANCES OF THIS WATER AND THE PRECIPITATION INTENSION

The correlative relationships between the activity of the autochtonic microflora, the content of organic substances and the precipitation intension are established for the water Naftussya of the Truskavets' layer.

Хіміко-бактеріологічна лабораторія філії ГПРЕС ЗАТ "ТРУСКАВЕЦЬКУРОРТ", відділ експериментальної бальнеології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАНУ, м. Трускавець

Дата поступлення 01.06.2010 р.