ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ МІКРОБІОЦЕНОЗУ РІЧКИ УЖ (УКРАЇНА)

Савенко М.В.¹, Кривцова М.В.¹, Федурця О.І.²

¹Ужгородський національний університет
вул. Волошина, 32, 88000, м. Ужгород

²Ужгородська філія Державної установи
«Закарпатський обласний центр контролю та профілактики хвороб
Міністерства охорони здоров'я України»
вул. Гриб'єдова, 20Г, 88000, м. Ужгород

maryna.krivcova@gmail.com, mariannasavenko7@gmail.com, olenafedurca@gmail.com

Досліджено розподіл мікробних спільнот поверхневих вод річки Уж на територіях, які піддалися антропогенному навантаженню різного ступеню. Встановлено, що найпоширенішою групою мікроорганізмів цієї водойми були бактерії, які використовують органічні форми азоту, найвищі титри яких (10^5 - 10^6 КУО/мл) зафіксовані в межах техногенно трансформованої території (дослідна ділянка № 3). Вміст олігонітрофілів зменшувався в напрямку зростання органічного забруднення на моніторингових ділянках; на техногенно трансформованій й аграрній ділянках цей показник коливався в межах 10^3 - 10^4 КУО/мл. Збільшення целюлозоруйнівних бактерій, які є індикатором забруднення водойм сполуками азоту, зафіксовано в межах територій, що піддаються впливу сільськогосподарської діяльності та промислового забруднення, причому на моніторинговій ділянці № 3 спостерігалось перевищення фонових значень у 29 разів. Вміст бактерій групи кишкової палички у зразках води з урбанізованої території виявився найвищим з перевищенням контрольних показників у 13,3 рази за межами обласного центру. На ділянках річки з підвищеним вмістом важких металів та органічних сполук (техногенно трансформована та урбанізована) спостерігалась динаміка зниження кількості нітрифікуючих бактерій. Мікроорганізми, що засвоюють мінеральні форми нітрогену в найбільшій кількості, виявлено в межах аграрної території, де їхній вміст перевищував фонові показники в 18,5 разів. На коливання вмісту мікроскопічних грибів у водоймі впливали як зовнішні чинники, так і гідрологічний режим водотоку, що відображалось на зниженні титру 10^2 - 10^3 КУО/мл мікроміцетів у межах рекреаційної території із посиленою сонячною інсоляцією і техногенно трансформованої ділянки з підвищеним вмістом важких металів у воді.

Отримані результати свідчать про те, що мікробіоценоз річки Уж у локальних зонах з підвищеним вмістом політантів, а саме на територіях, що піддаються впливу промислового та сільськогосподарського забруднення, знаходиться на стадії трансформації. *Ключові слова:* мікробні спільноти, гідроекосистема, антропогенне навантаження.

The influence of anthropogenic pressure on the structure of the microbiocenosis of the Uzh River (Ukraine). Savenko M., Kryvtsova M., Fedurca O.

The distribution of microbial communities of surface waters of the Uzh River in the territories that fell under different degrees of anthropogenic pressure was studied. It was found that the most common group of microorganisms in the studied reservoir were bacteria that use organic forms of nitrogen, the highest titers of 10^5 - 10^6 CFU/ml which were recorded within the technogenically-transformed area (experimental site № 3). The content of oligonitrophils decreased in the direction of growth of organic pollution at the monitoring sites, on the technogenically-transformed and agricultural areas it fluctuated in the range of 10^3 - 10^4 CFU/ml. The growth of cellulose-degrading bacteria, which is an indicator of water pollution by nitrogen compounds, was recorded within the areas affected by agricultural activities and industrial pollution, in the monitoring area № 3 the background values are exceeded 29 times. The presents of the coliform bacteria in water samples from urban areas was the highest and exceeded the control values by 13.3 times outside the regional center. In parts of the river with a high content of heavy metals and organic compounds (technogenically-transformed and urbanized) was observed dynamics to the reduce the number of nitrifying bacteria. Microorganisms that assimilate mineral forms of nitrogen in the largest number are found within the agricultural area, where their content exceeds the background by 18.5 times. Microorganisms that assimilate mineral forms of nitrogen in the largest quantities are found within the agricultural area, where their content exceeds the background at 18.5 times. Fluctuations of the content of microscopic fungi in the reservoir were influenced by external factors and the hydrological regime of the watercourse, which were reflected in reduced of micromycetes titers 10^2 - 10^3 CFU/ml within the recreational area with increased solar insolation and technogenic-transformed area with high heavy metals in water. The obtained results show that the microbiocenosis of the Uzh River in local areas with high pollutant content, namely in areas affected by industrial and agricultural pollution, are in the process of transformation. *Key words:* microbial communities, hydroecosystem, anthropogenic pressure.

Постановка проблеми. Дефіцит якісної питної води збільшується в Україні з кожним роком, незважаючи на значні запаси водних ресурсів на заході країни; їхня якість часто не відповідає встановленим вимогам [11-9-5-15-4]. Основними джерелами забруднення водних басейнів є комунально-побутові, промислові стічні води, побічні продукти сіль-

ськогосподарської діяльності. Не меншої шкоди завдає засмічення водотоків, їхнє замулення, що врешті-решт призводить до зниження самоочисної здатності, пересихання і формування ділянок стоячої води, котрі несуть катастрофічні наслідки для забезпечення водою населення [14]. Погіршення екологічного стану природних вод спонукає до пошуку

нових методів комплексного тестування, чутливих до найменших змін у структурах гідроекосистем.

Актуальність дослідження. Водні мікробіоценози є одними із чутливих маркерів антропогенного впливу на екосистему. Беручи участь у біогеохімічних циклах і процесах трансформації, вони першими реагують на екологічні зміни. Саме тому визначення розподілу автохтонної і алохтонної мікробіоти є невід'ємною частиною комплексного моніторингу природних екосистем.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження пов'язане з плановою науковою темою «Дослідження генетичних та фізіолого-біохімічних механізмів адаптації біологічних систем різного рівня організації в умовах антропогенного навантаження» (державний реєстраційний № 0115U003902) кафедри генетики, фізіології рослин та мікробіології біологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Результати наукових досліджень можуть бути враховані та впроваджені в моніторингові дослідження у сфері санітарного та епідемічного контролю населення, що здійснюються центрами контролю і профілактики хвороб МОЗ України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати дослідження розподілу різних груп мікроорганізмів у водних середовищах свідчать про якісні та кількісні зміни у структурі мікробних спільнот під впливом антропогенного навантаження [6]. На ділянках водойм, які піддаються антропогенному тиску, відмічено зменшення автохтонних грампозитивних груп мікроорганізмів і зростання кількості алохтонних грамнегативних мікробів [2]. Під впливом хімічних сполук змінюється чисельність і співвідношення мікроорганізмів. Зокрема, проведені дослідження зразків води озера Яворівське, забрудненого сполуками сульфуру, свідчать про формування нового мікробіоценозу, в якому переважають сіркоокислювальні бактерії, і відмічається збіднення видової різноманітності бактерій [12]. Наднормові концентрації важких металів у водоймах пригнічують ріст міксоміцетів, тим самим порушуючи рівновагу в екосистемі. Зі свого боку така динаміка кількісного зниження мікроскопічних грибів може слугувати індикаторним показником забруднення водного об'єкта [13]. Отже, дослідження мікробних асоціацій гідроекосистем дозволяє повно оцінити зміни у структурі мікробіоценозу, тоді як санітарно-мікробіологічні показники якості природних вод надають доволі обмежену інформацію.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття, та новизна досліджень. Відсутність комплексного оцінювання якості природних вод, пошук нових чутливих методів тестування і вдосконалення наявних із метою отримання повної оцінки стану водних екосистем зумовлюють доцільність проведення досліджень у цьому напрямку.

Новизна. Проведено комплексну оцінку розподілення мікробних спільнот річки Уж на територіях із різним ступенем антропогенного навантаження.

Методологічне значення. Нами пропонується підхід до оцінки ступеня антропогенного навантаження на річку Уж шляхом дослідження розподілу мікробних спільнот водойми на різних територіях її басейну.

Річка Уж бере свій початок на південних схилах Верховинського Вододільного хребта, протікає через місто Ужгород і прилеглі до нього села, впадаючи в річку Лаборець, що на території Словаччини. На всій протяжності водойма підпадає під потенційні джерела антропогенного впливу, такі як стічні води Перечинського лісохімічного комбінату, що потрапляють до водойми через струмок Доморадж; комунально-побутові стічні води міста Ужгород; розміщення присадибних ділянок і несанкціонованих сміттєзвалищ на берегах водойми.

Мікробний спектр визначали у зразках води річки Уж на територіях, які піддаються різним типам антропогенного впливу. Результати польових досліджень дозволили визначити потенційні джерела антропогенного забруднення водойми, розташовані на всій протяжності річки Уж (рис. 1). Найменш ураженою виявилася територія у витокі річки, яка знаходиться в гірській місцевості в межах села Волосянка (48°59'07.3" N, 22°50'01.7" E). Ділянка річки нижче за течією визначена як антропогенно навантажена через близьке розташування до Перечинського лісохімічного заводу. Найімовірнішим джерелом промислових стічних вод є струмок Доморадж, який протікає біля заводу і впадає в річку Уж [10-19-20-21]. Води струмка характеризуються неспецифічним різким запахом, кольором, розрідженим рослинним покривом на береговій лінії, низьким біорізноманіттям флори і фауни. Тому для визначення впливу антропогенного навантаження на водойму проби води відбирали до міста Перечин (48°44'59.9" N, 22°30'53.1" E), в 100 м від місця впадіння струмка Доморадж у річку Уж (48°44'59.9" N, 22°30'53.1" E), та за містом Перечин (48°43'37.1" N, 22°28'42.1" E). Територія в межах міста Ужгород була визначена нами як урбанізована, зразки відбирали до міста Ужгород (48°38'28.5" N, 22°20'48.5" E) та за його межами (48°37'10.2" N, 22°15'26.4" E) (рис. 2.2.5). На території у межах села Сторожниця зосереджена значна кількість сільськогосподарських угідь і фермерських господарств поблизу берегової лінії річки, що обумовило її класифікацію як ділянки з аграрним навантаженням. Відбір проб здійснювали до села Сторожниця (48°36'47.8" N, 22°15'16.8" E) та за цим селом (48°36'11.7" N, 22°12'18.3" E).

Відбір зразків води для мікробіологічних досліджень у чотирьох повтореннях здійснювали на глибині 15-20 см у стерильну скляну тару, закриту ватно-марлевою пробкою і вкриту зверху паперовим ковпачком. Під час транспортування проби охо-

Рис. 1. Картохема досліджуваних ділянок річки Уж

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – 100 м нижче впадіння струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниці; № 8 – за с. Сторожниці (аграрна територія)

лоджували до 2°C, використовуючи акумулятори холоду. Бактеріологічні дослідження виконували через 2 години після забору.

Мікроорганізми, які використовують органічні форми нітрогену (сапрофіти), визначали методом посіву на м'ясопептонний агар (МПА) з подальшим культивуванням за температури 37°C упродовж 24 годин. Результат виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 см³ проби.

Бактерії групи кишкової палички (БГКП) визначали методом мембранної фільтрації, згідно з яким фільтрували встановлений об'єм води через нітроцелюлозні мембранні фільтри з подальшим вирощуванням на диференційно-діагностичному середовищі Ендо виробництва «Фармактив». У разі дослідження води невідомої якості рекомендовано фільтрувати незначні її об'єми, тому під час експерименту нами визначено, що краще фільтрувати зразки води об'ємом 100 см³. Чашки з фільтрами інкубували за температури 37°C протягом 24 годин. Виявлені на фільтрах колонії мікроорганізмів ідентифікували за культуральними та біохімічними властивостями, визначаючи таким чином їхню приналежність до бактерій групи кишкової палички та розраховуючи індекс в 1 дм³ води.

Мікроскопічні гриби визначали методом посіву 1 мл води на диференційно-діагностичне середовище Чапека-Докса виробництва «Фармактив»

та на сусло агару. Зразки культивували за температури 27°C протягом семи днів. Результат виражали в колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 см³ проби.

Оліготрофів визначали на голодному агарі (ГА). Мікроорганізми, що використовують мінеральні форми нітрогену, культивували на крохмально-аміачному агарі (КАА), целюлозоруйнівні бактерії – на середовищі Гетченсона з фільтрувальним папером, нітрифікуючі мікроби – на середовищі Виноградського [8]. Досліди проводили у трьох повтореннях з двома паралельними постановками. Для оцінки достовірності відмінностей між статистичними даними постановок обчислювали коефіцієнт Стюдента *t* (достовірно вважали різницю з рівнем значимості $p \leq 0,05$).

Мікробіологічні дослідження проводили на базі мікробіологічної лабораторії кафедри генетики, мікробіології та фізіології рослин біологічного факультету Ужгородського національного університету.

Викладення основного матеріалу. За результатами моніторингового дослідження, проведеного протягом трьох вегетаційних сезонів 2016, 2018 та 2020 років встановлено, що найпоширенішою групою мікроорганізмів річки Уж були бактерії, що використовують органічні форми азоту. Потрапляння до водойми значної кількості транзитних мікроорганізмів, імовірно, є результатом антропогенного забруднення [1] (рис. 2). За межами

Рис. 2. Динаміка чисельності мікроорганізмів, які засвоюють органічні форми азоту на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадіння струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

контрольної точки чисельність сапрофітів зростає, особливо на території, яка знаходиться на відстані 100 м від місця впадіння струмка Доморадж у річку Уж, і на аграрній місцевості, де протягом трьох років у літній період відмічено високі титри (10^5 - 10^6 КУО/мл). Встановлено зростання рівня сапрофітів у точці № 3 в 525 разів порівняно з контрольною точкою в 2016 році. До основних чинників збільшення кількості транзиторної мікробіоти належить зміна внутрішньорічного гідрологічного режиму річки внаслідок зростання кількості мікроорганізмів, що використовують органічні форми нітрогену під час весняного повноводдя і літньої межені, а також надходження значної кіль-

кості біогенних речовин з антропогенних джерел забруднення – стічних вод лісохімічного комбінату та сільськогосподарських стоків.

Вплив щільної міської забудови відображається на результатах бактеріологічного забруднення водою в межах міста Ужгород. Найбільше це проявляється за змінами індексу бактерій групи кишкової палички, який зростає за межами міста і сягає максимальних значень, перевищуючи контрольні показники у 13,3 рази (літній період 2016 року) (рис. 3). Забруднення води бактеріями групи кишкової палички пояснюється нерегульованим скидом неочищених або не досить очищених стічних вод. До того ж можна припустити, що підвищення тем-

Рис. 3. Динаміка чисельності бактерій групи кишкової палички на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадіння струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

Рис. 4. Динаміка чисельності олігонітрофільних бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

ператури та характер водності водойми, а саме обміління річки в цей період, призводить до збільшення концентрації забруднюючих речовин.

У цій водоймі вміст оліготрофних бактерій коливався у значних межах (рис.4). Найменші значення зафіксовані на аграрній та техногенно трансформованій території (10^3 - 10^4 КУО/мл). Зокрема, рівень олігонітрофілів у точці № 3 зменшився порівняно з контрольною точкою у 8,3 рази в 2016 році та у 43,7 рази в 2018 році. Оскільки мікроорганізми здатні рости тільки за низьких концентрацій, регулярне надходження комунально-побутових і промислових стічних вод могли зіграти роль лімітуючого чинника [6].

Нітрифікуючі бактерії переважали в контрольній ділянці та на аграрній території; зменшення

їх чисельності в зоні техногенної та урбанізованої території протягом 2016 та 2020 років імовірно спричинене підвищенням вмістом важких металів та органічних сполук (феноли, формальдегід), які, як відомо, можуть спричинювати інгібуючий ефект, навіть коливаючись у межах ГДК [7]. Знижена концентрація кисню також може пригнічувати розвиток цих мікроорганізмів. Проте у 2018 році відмічено зростання чисельності цих мікроорганізмів і в районі техногенного впливу у 2,1 рази порівняно з 2016 роком, що пояснюється збільшенням водності річки в цей період та підвищенням самоочисної здатності водойми (рис. 5).

Целюлозоруйнівні бактерії беруть участь у кругообігу карбону у водних екосистемах [16],

Рис. 5. Динаміка чисельності нітрифікуючих бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

Рис. 6. Динаміка чисельності целюлозоруйнівних бактерій на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

який здебільшого здійснюють бактерії родів *Cellvibrio*, *Vibrio*, *Cellulomonas*, *Polyangium*, *Pseudomonas* та інші. За результатами проведеного дослідження ця група мікроорганізмів виявилася найпоширенішою в межах аграрної і техногенно трансформованої території. Зокрема на ділянці № 3 спостерігалось перевищення фонових значень у 29 разів, а на ділянці № 8 – у 20 разів у 2016 році (рис. 6). Відомо, що їх збільшення є свідченням забруднення водними переважно сполуками карбону та нітратами [12].

Мікроорганізми, що трансформують мінеральні форми азоту, відіграють важливу роль у самоочисній здатності водойм. До основних груп бактерій, які засвоюють мінеральні форми нітрогену,

належать роди *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Escherichia* та актинобактерії *Salinibacterium*, *Solwaraspora*, *Actinomadura*, *Micromonospora*, та інші. Під час дослідження найбільшу кількість мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту, з перевищенням фонових показників у 18,5 рази зафіксовано у 2020 році в районі аграрної ділянки (рис.7). Водночас найменша їхня чисельність зафіксована на техногенно трансформованій території, що ймовірно пов'язано з неналежними умовами, сформованими під впливом техногенного екотопу.

Мікроміцети є важливим компонентом гідро-екосистем і характеризуються багатим видовим різноманіттям. Найчастіше у водних екосистемах

Рис. 7. Динаміка чисельності бактерій, які засвоюють мінеральні форми азоту на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

Рис. 8. Динаміка чисельності мікроскопічних грибів на територіях із різним рівнем антропогенного навантаження

* № 1 – рекреаційна територія; № 2 – на початку с. Перечин; № 3 – на відстані 100 м нижче впадання струмка Доморадж; № 4 – за с. Перечин (техногенно трансформована територія); № 5 – до м. Ужгород; № 6 – за м. Ужгород (урбанізована територія); № 7 – до с. Сторожниця; № 8 – за с. Сторожниця (аграрна територія)

зустрічаються представники родів *Aspergillus*, *Ogataea*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Candida*, *Penicillium* та інші. За результатами проведеного дослідження встановлено, що поширення мікроскопічних грибів у водоймі залежить від температурного фактора та низки зовнішніх чинників. Найменшу кількість мікроміцетів виявлено на рекреаційній і техногенно трансформованій територіях 10^2 - 10^3 КУО/мл, що зумовлено посиленою сонячною інсоляцією у високогірних районах [17]. У поверхневих водах із низьким рівнем водотоку лімітуючим фактором могли слугувати і підвищені концентрації важких металів у місці скидання стічних вод лісохімічного комбінату. Найбільшу кількість мікроміцетів (10^6 КУО/мл) зафіксовано в межах аграрної місцевості, яка перевищувала контрольні значення в 250 разів у 2018 році. Ця місцевість характеризується підвищеним вмістом біогенних речовин, які створюють сприятливі умови для розвитку мікроскопічних грибів (рис. 8).

Головні висновки. Отримані результати вказують на нерівномірне розподілення мікроорганізмів різних фізіологічних груп залежно від територіального розміщення. Порівняльна характеристика

співвідношення і чисельності представників мікробіоценозу вказує на те, що найбільш несприятлива екологічна ситуація характерна для техногенно трансформованої території, де під впливом тривалого забруднення спостерігається адаптивна відповідь мікроорганізмів на неналежні умови існування, що призводить до сукцесійних змін мікробного ценозу. Для території поблизу с. Сторожниця, що знаходиться в зоні впливу сільськогосподарської діяльності, також характерні перебудови у структурі мікробіоценозу, які вказують на безперервне надходження забруднюючих речовин до водойми.

Отже, встановлено, що мікробіоценоз річки Уж потерпає від впливу забруднюючих речовин, на локальних зонах із підвищеним умістом політантів знаходиться на стадії трансформації, але гідролого-морфологічні умови, притаманні для лотичних екосистем, дозволяють компонентам гідроценозу перебувати в умовах флуктуаційних змін, підтримуючи рівновагу екосистеми.

Перспективи використання результатів досліджень. Отримані результати дослідження можуть бути використані для комплексного моніторингу стану гідроекосистеми та слугувати додатковим маркером забруднення природних вод.

Література

1. Абдюкова Э. А., Кулагин А. Ю., Рашитова Г. С., Абдюкова Г. М. Экологическая оценка воздействия агропромышленного комплекса на состояние малых рек Башкортостана. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2011. № 73. С. 370-381.
2. Анганова Е. В., Савилов Е. Д., Духанина А. В. Характеристика микробного сообщества реки Ангара (Иркутская область). *Проблемы здоровья и экологии*. 2011. № 2 (28). С. 201-205.
3. Білкей М. В., Ніколайчук В. І. Розподіл вмісту важких металів у системі «вода–донні відкладення» транскордонної річки Уж. *Biosystems Diversity*. 2017. № 25(2). С. 145-153. DOI: 10.15421/011722
4. Білкей М.В., Кривцова М.В. Просторово-часова характеристика мікробіологічних та гідрохімічних показників якості поверхневих вод річки Уж (України). *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 5-6. С. 24-37. DOI:10.31548/bio2018.05.004.

5. Галла-Бобик С. В., Осійський Е. Й. Вплив комунально-побутових підприємств на забруднення р. Тиса органічними речовинами. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія*. 2014. № 1 (31). С. 93-95.
6. Калитина Е. Г., Михайлик Т. А., Семкин П. Ю., Барабанщиков Ю. А., Зорин С. А. Особенности микробиологического состава вод реки Раздольной (Южное Приморье). *Известия ТИПРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра)*. 2015. № 180. С. 187-197.
7. Кирсанов М. П., Горелкина А. К., Авраменко А. С. Исследование эффективности углеродных сорбентов различных марок при очистке сточных вод производства пестицидов. *Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов*. 2017. С. 201-205.
8. Кузнецов С.И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. Наука, 1989. С. 288.
9. Огуряева О., Погребенник В. Динаміка забруднення поверхневих вод у Львівській області. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2010. № 71. С. 171-175.
10. Савенко М.В., Кривцова М.В., Костенко Є.Я, Анісімов Є.М., Скляр І.І. Циркуляція антибіотикорезистентних ізолятів бактерій родини *Enterobacteriaceae* у системі людина-водні екосистеми. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2021. № 3 (31). С. 232-237.
11. Станько О. М. Важкі метали у воді: забруднення річки Дністер за останні 10 років (територія Львівської області). *Сучасні проблеми токсикології*. 2012. № 3-4. С.58-63.
12. Тарабас О., Мороз О., Гнатуш С., Яворська Г., Звір Г., Ковальчук М. Еколого-трофічні групи мікроорганізмів води озера Яворівське. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. № 76. С. 166-178.
13. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Москва: Наука, 2007. С. 215.
14. Хоменко О.М., Гайдар І.О. Аналіз екологічного стану малих річок Черкаської області (на прикладі р. Золотоношка). *Екологічна безпека*. 2010. № 10(2). С. 39-42.
15. Чонка І. І., Палько В. В. Стан малих річок Боржавського басейну на території Виноградівського району. *Вісник УжНУ. Серія Хімія*. 2009. № 21. С. 67-71.
16. Шоляк К.В., Гнатуш С.О., Перетятко Т.Б., Гудзь С.П. Мікробіоценози стічних вод Львова на різних етапах очищення. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2013. № 4 (2). С. 76-80.
17. Babič M., Gunde-Cimerman N., Vargha M., Tischner Z., Magyar D., Verissimo C., Brandão J. Fungal Contaminants in Drinking Water Regulation? A Tale of Ecology, Exposure, Purification and Clinical Relevance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017. No 14 (6). P. 636.
18. Blaustein R. A., Pachepsky Y., Hill R. L., Shelton D. R., Whelan G. Escherichia coli survival in waters: Temperature dependence. *Water Research*. 2013. No47 (2). P. 569-578.
19. Kryvtsova M., Bobrik N., Sabov M., Sabov M. Microbiological indication of soils in zone of influence of Perechin timber and chemical plant. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. No 1. P. 258-263.
20. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Urban aquatic ecosystems as a factor of the spread of antibiotic resistant microorganisms and resistance genes. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res. "The Wetlands Diversity"*. 2021. No 23(2). P. 1-12. DOI: 10.2478/trser-2021-0009.
21. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Anthropogenic impact on the development of resistance to antibiotics in microorganisms of the Uzh River (Ukraine). *Studia Biologica*. 2020. No 14 (3). P. 79-90. DOI: 10.30970/sbi.1403.633.