

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

СКИБА ОЛЕНА ІГОРІВНА



УДК 504.453:661.718.1(477.84)

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ВМІСТУ ТА РОЗПОДІЛУ СПОЛУК
ФОСФОРУ У РІЧКАХ ТЕРНОПІЛЬЩИНИ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СТУПЕНЕМ
АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Чернівці – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Грубінко Василь Васильович,
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка,
завідувач кафедри загальної біології
та методики навчання природничих дисциплін

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Лукашов Дмитро Володимирович,
Навчально-науковий центр «Інститут біології та
медицини»
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри екології
та зоології

доктор біологічних наук, професор
Киричук Галина Євгенівна,
Житомирський державний університет
імені Івана Франка, завідувач кафедри ботаніки,
біоресурсів та збереження біорізноманіття

Захист відбудеться “13” грудня 2017 р. о 11 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 76.051.05 у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (58012, м. Чернівці, вул. Лесі Українки, 25, ауд. 81).

З дисертацією можна ознайомитись у Науковій бібліотеці Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (58012, м. Чернівці, вул. Лесі Українки, 23).

Автореферат розісланий

“10” листопада 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат біологічних наук, доцент



Беспалько Р.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У зв'язку із забрудненням водних екосистем спостерігається трансформація біогеохімічних циклів окремих хімічних елементів. На основі дослідження стану річкових екосистем в окремих регіонах охарактеризовано основні чинники їхньої трансформації: Водогрецький В. Е. (1990), Гриб Й. В. (1998), Яцик А.В. (2000), Мисковець І.Я. (2003), Романенко В.Д. (2004), Хімко Р.В., Мережко О.І. (2005-2008), Клименко М.О., Гроховська Ю.Р., Сондак В.В. (2008), Волкошовець О.В. (2012), Суходольська І.Л. (2015) та ін. Насамперед, досліджено хімічні показники води, донних відкладів та фізіолого-біохімічні зміни в організмах живих істот у зв'язку з постійним забрудненням рік. Разом з тим, актуальною залишається проблема регуляції вмісту і динаміки в річкових екосистемах речовин-забруднювачів, серед яких одними з найважливіших є сполуки фосфору. У літературі розкрито питання джерел та шляхів надходження фосфатів у водні екосистеми: Романенко В. Д. (2001), Кресин В.С. (2008), Морозова А.А. (2010), Савлучинська М.О. (2014), розподілу та трансформації фосфатів у водних екосистемах: Курейшевич А.В. (2006), Даценко Ю.С. (2007), особливостей розподілу та акумуляції сполук фосфору в абіотичних: (Жукова Т.В. (2001), Морозова А.А. (2006), Надкевич Л.І. (2007), Третинник В.Ю. (2008), Христенко А.О. (2009), Гладкіх Є.Ю. (2010), Носко Б.С. (2012)) та біотичних складових гідроекосистем: (Денисова Н.В. (2005), Кусакіна М.Г. (2005), Лузовіцька Ю.А. (2011), Пасічна О.А. (2015)), а також екологічну роль сполук фосфору у гідроекосистемах: Поліщук А.А. (2012). Однак, залишаються невирішеними питання щодо встановлення участі в формуванні екологічного стану водойм та співвідношення сполук фосфору у залежності від антропогенних чинників в сезонному аспекті, комплексної оцінки та взаємоперетворюючої динаміки сполук фосфору в абіотичних та біотичних складових гідроекосистем, біохімічних механізмів перетворення сполук фосфору та порушенні гомеостатичної рівноваги у водних організмів. Тому, нагальною проблемою на шляху до поліпшення стану річкових екосистем є необхідність з'ясування механізмів підтримання гомеостатичного балансу сполук фосфору у них.

Мета і завдання дослідження. *Мета роботи* – з'ясувати закономірності формування вмісту фосфатів та впливу біотичних і абіотичних чинників на їхній розподіл в річкових екосистемах в сезонному аспекті за різного характеру антропогенного навантаження.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі *завдання*:

- 1) дослідити вміст сполук фосфору в абіотичних компонентах (вода, донні відклади, прибережні ґрунти) у річках Тернопільської області залежно від гідрохімічного складу води та характеру антропогенного навантаження;
- 2) встановити взаємозв'язок між вмістом сполук фосфору та іонів металів;
- 3) оцінити роль вищих водних рослин у розподілі фосфатів у річках;
- 4) визначити вплив якісного і кількісного складу фітопланктону на вміст сполук фосфору у досліджених гідроекосистемах;
- 5) з'ясувати участь вищих водних рослин в акумуляції фосфатів.

Об'єкт дослідження – екосистеми річок Тернопільської області.

Предмет дослідження – біотичні й абіотичні чинники та механізми формування вмісту сполук фосфору у річкових екосистемах у зв'язку зі ступенем антропогенного навантаження.

Методи дослідження: екологічні (гідроекологічний моніторинг річок); фізико-хімічні (фотометричний – визначення вмісту фосфатів у воді та сполук фосфору у донних відкладах та прибережному ґрунті; атомно-абсорбційної спектрофотометрії (ААС) – визначення вмісту іонів металів у воді, донних відкладах, прибережному ґрунті та вищих водних рослин); біохімічні (визначення активності АТФ-ази та лужної фосфатази (ЛФ) у вищих водних рослин); загальноприйняті методи відбору проб фітопланктону та його камерального опрацювання; кореляційний, багатofакторний кореляційно-регресивний та статистичний аналіз.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше здійснено дослідження та аналіз гідроекосистем Тернопільської області в сезонному аспекті з різним характером антропогенного навантаження щодо вмісту і співвідношення сполук фосфору в їх абіотичних та біотичних складових. Досліджено, що рівень антропогенного навантаження істотно впливає на формування вмісту сполук фосфору у досліджених річках: найефективніший рівень їх регуляції виявлений у річці природно-заповідної території, потім – аграрної, а найнижчий – у річках техногенно-трансформованої і урбанізованої територій.

Виявлено суттєвий вплив фізико-хімічних факторів (температура, рН, кисневий режим) на вміст і співвідношення сполук фосфору у воді досліджуваних річок, особливо у водоймі з урбанізованої території. З'ясовано взаємозв'язок між вмістом лужних, лужно-земельних, есенціальних та неесенціальних важких металів та вмістом сполук фосфору в біотичних та біотичних складових гідроекосистем. Визначено швидкість біохімічних перетворень сполук фосфору вищими водними рослинами річок Тернопільщини з різним рівнем антропогенного навантаження.

Експериментально встановлено, що *Myosotis scorpioides* (L.) L. має найвищий коефіцієнт акумуляції фосфору із води, що дозволяє вважати її найефективнішою з досліджуваних рослин, для зменшення забруднення водойм сполуками фосфору.

Особистий внесок здобувача. Здобувачкою особисто проведено аналіз сучасної наукової літератури за тематикою дослідження; розроблено цільову структуру виконання дисертаційної роботи; обрано методики дослідження; зібрано матеріал для проведення лабораторних досліджень; математично оброблено, опрацювано й узагальнено отримані дані; обґрунтовано основні положення дисертаційного дослідження, які виносяться на офіційний захист. Висвітлено основні положення дисертації в друкованих наукових працях. Визначення показників вмісту чисельності та біомаси водоростей за допомогою загальноприйнятих методів відбору проб фітопланктону та його камерального опрацювання виконано спільно з к.б.н. Мантуровою О. В. (Інститут гідробіології НАН України).

Апробація матеріалів дисертації. Результати дисертації оприлюднені на: II-й Всеросійській школі-конференції «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана» (Борок, 2014); I Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених (Дніпропетровськ, 2014); IX і X Міжнародній конференції молодих учених «Біологія: від молекули до біосфери» (Харків, 2014; 2015); «Біологічні

дослідження» (Житомир, 2015; 2016); XI і XII Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології» (Львів, 2015; 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Географія, екологія, туризм: теорія, методологія, практика» (Тернопіль, 2015); II Міжнародній конференції «Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем» (Дніпропетровськ, 2015); Другій Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища» (Рівне, 2015); Всеросійській науковій конференції з міжнародною участю «Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий» (Петрозаводск, 2015); VI Міжнародній науково-методичній конференції «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід» (Вінниця, 2015); IV Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології і екології» (Вінниця, 2016); I Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку природничих наук та методик їх викладання» (Глухів, 2016); XII Міжнародній науково-практичній конференції «Біотехнологія для аграрного виробництва та захисту природного середовища» (Одеса, 2016); III Міжнародній науково-практичній конференції «Стан природних ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення» (Дрогобич, 2016); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання розвитку біології та екології» (Вінниця, 2016); Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Регіональні геоекологічні проблеми: сучасний стан та шляхи їх вирішення» (Рівне, 2016); Всеросійській молодіжній гідробіологічній конференції «Перспективы и проблемы современной гидробиологии» (Борок, 2016); III International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Science” (Dubai, UAE, 2017), III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (Івано-Франківськ, 2017).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка в межах науково-дослідної теми Міністерства освіти і науки України «Регуляції метаболізму у водоростей іонами металів з метою інтенсифікації очищення ними води та отримання потенційних компонентів біопалива», номер державної реєстрації 0110U000074.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 30 робіт, у тому числі – 8 статей (6 – у вітчизняних фахових виданнях, 2 – у зарубіжних виданнях) та 22 тез доповідей на наукових конференціях.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 180 сторінках друкованого тексту і складається з таких структурних частин як: «Вступ», «Огляд літератури», «Організація, матеріали та методи досліджень», чотирьох розділів – «Результати досліджень», «Підсумки», «Висновки», «Список використаних джерел» (в кінці кожного розділу), який включає 248 посилань (з них 56 – іноземних авторів). Робота містить 7 таблиць, 44 рисунки та додатки.

Для визначення у воді фосфатів використовували фотометричний метод з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ при довжині хвилі 690 нм (МВВ 081/12-0005-01 від 16.11.2001), описаний (Осадчий, 2013). Реакцію водного середовища (рН) визначали іономіром ЭВ-74. Вміст розчиненого кисню у воді визначали за допомогою киснеміра АЖА-101М. Мінеральні рухомі форми фосфору у прибережних ґрунтах та донних відкладах визначали за методикою Чірікова (ДСТУ 4115-2002) з подальшим визначенням вмісту фосфору в розчині методом Деніже (варіант Труога-Майєра) на фотоелектроколориметрі (Радов, 1978). Визначення вмісту валових форм фосфору у прибережних ґрунтах та донних відкладах здійснювали згідно (ДСТУ ISO 14869-1:2005).

Для визначення вмісту іонів металів у воді здійснювали фільтрування проб води через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм та концентрування води до 10 разів шляхом випарювання. Визначення металів у донних відкладах та ґрунтах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі (ААС) з лампами порожнистого катоду типу С 115-1М з використанням газу пропан-бутан, ацетилен-закис азоту при відповідних довжинах хвиль, що відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів згідно зі стандартними методиками (Метод. указання..., 1992; Новиков, 1990; Чибисова, 1999).

У дослідженні використані вищі водні рослини, які відбирали у нативному стані з річок і відмивали від осаджень та перифітонних організмів згідно з рекомендаціями (Методи гідроекол. досліджень..., 2006). Вміст фосфору у вищих водних рослинах визначали завдяки їх мінералізації методом мокрого озолення, після чого фосфорна кислота залишається у золі у вигляді солей різних металів (Методы биохим. исслед. растений, 1972) з наступним визначенням фосфору методом Деніже (варіант Труога-Майєра) (Радов, 1978).

Вміст іонів металів у рослинах визначали на ААС С 115-1М при довжинах хвиль, що відповідали максимуму поглинання кожного з металів (Метод. указання, 1992; Новиков, 1990; Чибисова, 1999).

Визначення катіонзалежної АТФ-ази у рослин визначали за утворенням фосфату (Радов, 1978). Вміст білків у біомасі визначали за методом Лоурі (Lowry et al., 1951). Активність лужної фосфатази визначали з використанням як субстрату гліцеролфосфату за утворенням фосфору згідно з методом Деніже (варіант Труога-Майєра) (Радов, 1978).

Якісний склад та кількість планктонних водоростей визначали згідно з методикою (Топачевский, 1984). Чисельність фітопланктону встановлювали за допомогою камери Нажотта, а біомасу розраховували стереометричним методом.

Поглиналину здатність фосфатів із води вищими водними рослинами (Лепешняк великий (*Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.), Настурція лікарська (*Nasturtium officinale* R. Br.) та Незабудка болотяна (*Myosotis scorpioides* (L.) L.) визначали в модельному експерименті.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сезонний вміст фосфатів в абіотичних компонентах досліджених гідроекосистем.

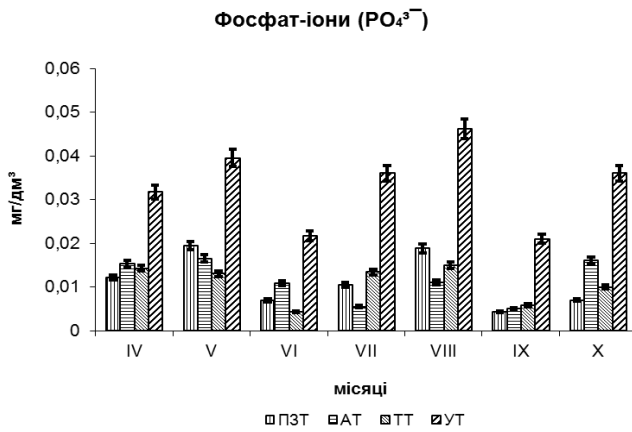


Рис. 2. Вміст фосфатів (mg/dm^3) у воді досліджених річок ($M \pm m$; $n=5$)

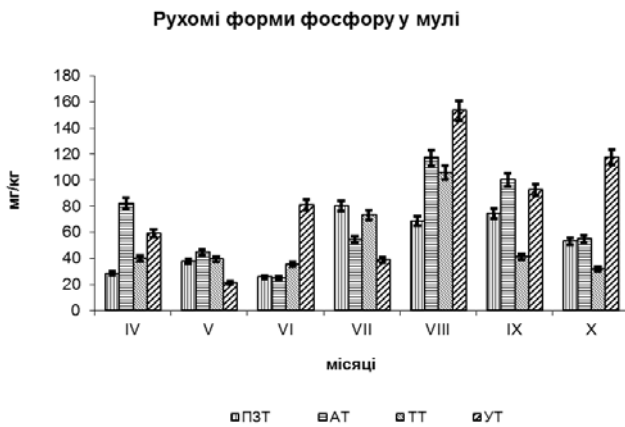


Рис. 3. Валовий вміст рухомих форм фосфору (mg/kg) у донних відкладах досліджених річок ($M \pm m$; $n=5$)

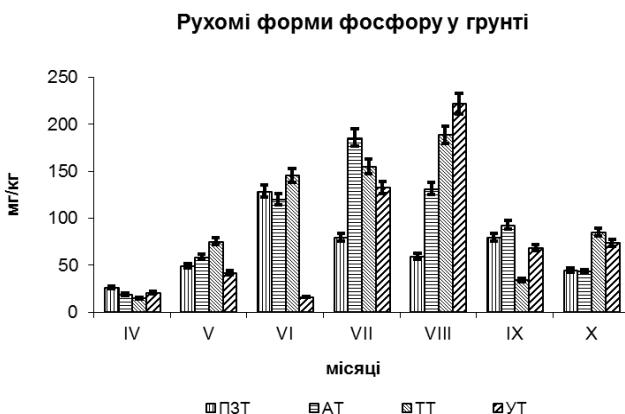


Рис. 4. Загальний вміст фосфору (mg/kg) у донних відкладах досліджених річок ($M \pm m$; $n=5$)

Прибережні ґрунти. Найнижчі значення рухомої форми фосфору у ґрунті біля водойм досліджуваних територій зафіксовано у квітні на ТТ – 15,2 mg/kg , а найвищі

Вода. Показники вмісту фосфатів у водоймах упродовж періоду дослідження коливалися від 0,004 mg/dm^3 у річці з ПЗТ до 0,046 mg/dm^3 з УТ (рис. 2).

Слід зазначити, що концентрація фосфатів у річці з УТ на порядок вища ніж на трьох інших, що спричинено антропогенним впливом міста.

Донні відклади. Показники вмісту рухомих форм фосфору у донних відкладах досліджуваних водойм коливалися в межах 21,4 mg/kg до 153,3 mg/kg у водоймі з УТ (рис. 3).

В загальному, динаміка концентрації фосфатів у воді відбивається на накопиченні їх рухомих форм у донних відкладах. Відносну невідповідність для досліджуваних водойм справляє значний антропогенний вплив міста Тернопіль (УТ) із вираженим «цвітінням» води та низькими показниками розчиненого у воді кисню, що сприяє переходу органічних речовин із осаду у воду та збільшення концентрації рухомої форми фосфору у донних відкладах.

Найнижчі значення валового фосфору у донних відкладах зафіксовано у квітні у водоймі з ТТ – 129,7 mg/kg , а найвищі – у жовтні 572,5 mg/kg з УТ (рис. 4). Валовий вміст фосфору в абіотичних складових характеризує їхню забезпеченість фосфором, який внаслідок антропогенного впливу може стрімко зростати.

Між вмістом фосфатів у воді та валовим вмістом фосфору у донних відкладах встановлено обернений зв'язок навесні ($r=-0,84$), прямий ($r=0,86$) – влітку та восени ($r=0,98$).

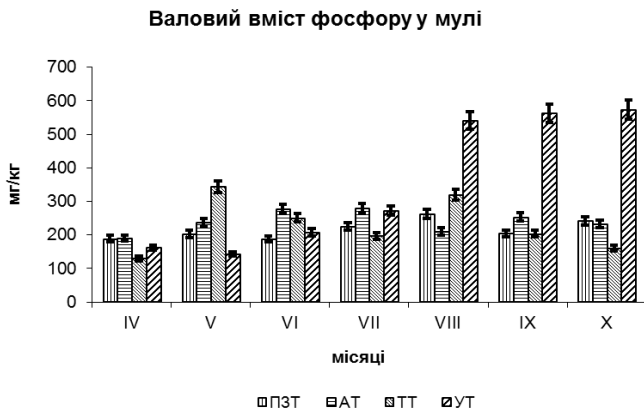


Рис. 5. Вміст рухомих форм фосфору (мг/кг) у прибережних ґрунтах досліджених річок ($M \pm m$; $n=5$)

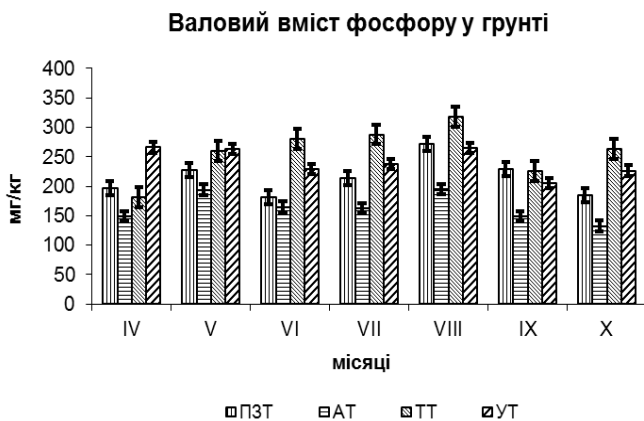


Рис. 6. Валовий вміст фосфору (мг/кг) у прибережних ґрунтах досліджених річок ($M \pm m$; $n=5$)

фосфатів у воді річок. Динаміка співвідношення рухомих форм фосфору у системі ґрунт↔вода↔донні відклади визначається сезонними чинниками зі зменшенням фосфору влітку у донних відкладах (відповідно, його зростання восени та ранньої весни) і витримуванням в межах екологічної норми фосфатів у воді.

Між вмістом фосфатів у воді та валовим вмістом фосфору у ґрунті встановлено прямий кореляційний зв'язок: у річці з ПЗТ – $r=0,59$, з АТ – $r=0,83$, з ТТ – $r=0,59$, з УТ – $r=0,93$.

Для встановлення перерозподілу фосфатів між абіотичними складовими досліджуваних гідроекосистем було розраховано співвідношення їх вмісту у системі ґрунт↔вода↔донні відклади. За одиницю прийнято показники для ґрунту, оскільки він характеризується найбільш сталим вмістом сполук фосфору та є основним джерелом надходження фосфору зі змивними водами.

Встановлено, що навесні більшість валового фосфору знаходиться у ґрунті, а влітку і до осені зростає його частка у донних відкладах (табл. 1).

– у серпні – 222,1 мг/кг на УТ (рис. 5). У прибережних ґрунтах досліджуваних територій спостерігається загальна тенденція до зростання вмісту рухомих форм фосфору з ранньої весни до середини липня та зворотній механізм поступового зниження до зимових місяців. Ця закономірність з окремими варіаціями прослідковується у ґрунтах усіх досліджуваних територій, особливо антропогенно-трансформованих (ТТ, УТ), коли на динаміку рухомих форм фосфору в окремі місяці накладаються антропогенні фактори (випадкові забруднення, змивні води, засмічення тощо).

Найнижчі значення валового вмісту фосфору у ґрунтах зафіксовані у жовтні у річці з АТ – 132,8 мг/кг, а найвищі – у серпні 317,7 мг/кг з ТТ (рис. 6). Встановлено, що навесні більшість валового фосфору знаходиться у ґрунті, а влітку і до осені зростає його частка у донних відкладах. При цьому, вміст фосфатів у воді залишається відносно постійним, що дає право стверджувати про високу буферну ємність прибережних ґрунтів і донних відкладів та їх провідну роль у підтриманні гомеостатичного рівня

Співвідношення загального вмісту (чисельник) та рухомої форми (знаменник) фосфатів у ґрунті, воді та донних відкладах

Місяці	Річки досліджуваних територій			
	ПЗТ	АТ	ТТ	УТ
Квітень	<u>1:0,006:0,961</u>	<u>1:0,010:1,277</u>	<u>1:0,008:0,715</u>	<u>1:0,012:0,612</u>
	1:0,046:1,071	1:0,080:4,293	1:0,094:2,638	1:0,151:0,488
Травень	<u>1:0,008:0,894</u>	<u>1:0,008:1,224</u>	<u>1:0,005:1,318</u>	<u>1:0,015:0,543</u>
	1:0,039:0,766	1:0,023:0,758	1:0,017:0,521	1:0,094:0,511
Червень	<u>1:0,004:1,030</u>	<u>1:0,006:1,678</u>	<u>1:0,002:0,894</u>	<u>1:0,009:0,908</u>
	1:0,005:0,199	1:0,009:0,206	1:0,003:0,243	1:0,013:0,494
Липень	<u>1:0,005:1,050</u>	<u>1:0,003:1,721</u>	<u>1:0,004:0,684</u>	<u>1:0,015:1,145</u>
	1:0,013:1,000	1:0,003:0,292	1:0,008:0,470	1:0,027:0,293
Серпень	<u>1:0,007:0,963</u>	<u>1:0,005:1,081</u>	<u>1:0,005:1,004</u>	<u>1:0,017:2,043</u>
	1:0,032:1,153	1:0,008:0,891	1:0,008:0,560	1:0,021:0,690
Вересень	<u>1:0,002:0,894</u>	<u>1:0,003:1,702</u>	<u>1:0,003:0,903</u>	<u>1:0,010:2,743</u>
	1:0,005:0,927	1:0,005:1,077	1:0,017:1,201	1:0,030:1,348
Жовтень	<u>1:0,004:1,308</u>	<u>1:0,012:1,750</u>	<u>1:0,004:0,609</u>	<u>1:0,016:3,103</u>
	1:0,013:0,977	1:0,037:1,262	1:0,012:0,375	1:0,049:1,588

Щодо рухомих форм фосфору, то динаміка їх співвідношення у системі ґрунт↔вода↔донні відклади визначається сезонними чинниками: зменшення вмісту фосфору влітку у донних відкладах (відповідно, його зростання восени та ранньою весною) і витримуванням в межах екологічної норми фосфатів у воді.

Отже, валовий вміст сполук фосфору у ґрунті, воді та донних відкладах значно відрізняється в окремі місяці, а рухомої форми – навпаки співпадає, що свідчить про значну мобільність рухомих форм фосфору у системі ґрунт↔вода↔донні відклади.

На зміну вмісту фосфатів у воді впливають показники водного середовища (розчинений кисень, водневий показник, температура води), що, значною мірою, визначаються рівнем антропогенного навантаження. Найбільший вплив мають вміст розчиненого кисню та рН води, насамперед у воді річки з урбанізованої території – значні показники концентрації фосфатів (сер. знач. 0,033 мг/дм³) супроводжуються підкисленням води (рН 5,42-7,05) та зменшенням вмісту розчиненого кисню (3,55-4,78 мг О₂/дм³).

Вплив іонів металів на вміст фосфатів у гідроекосистемах. Вміст та перерозподіл сполук фосфору також визначається якісним і кількісним представленням у водних екосистемах іонів металів.

Вода. Встановлено, що вміст Na (I) та K (I), для яких нехарактерне комплексоутворення, прямо корелюють із вмістом фосфатів у воді, а Ca (II) та Mg (II), що утворюють слабкі за міцністю комплекси, – обернено (рис. 7).

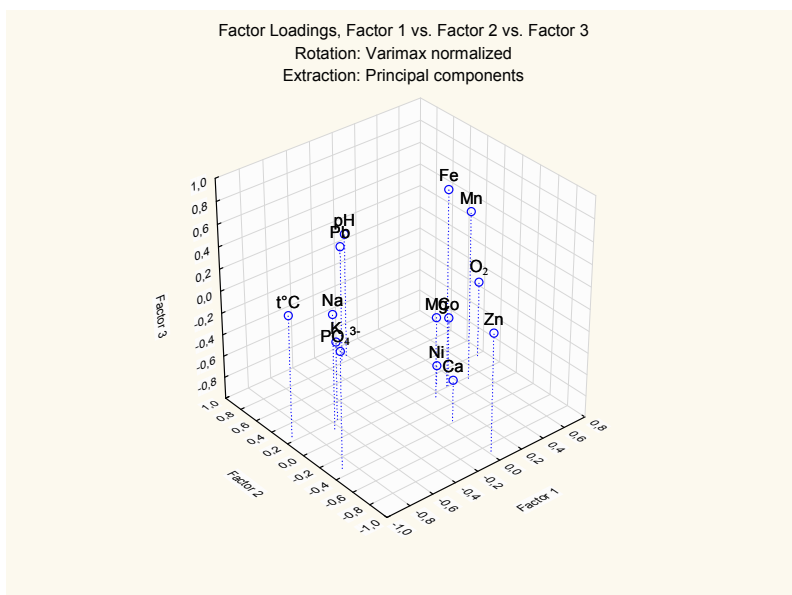


Рис. 7. Результати багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу впливу гідрохімічних чинників та металів на вміст фосфатів у воді досліджених річок

Встановлено, що вміст як біогенних, так і небіогенних елементів обернено корелює із вмістом фосфатів та не здійснює значного впливу на їх вміст та розподіл у воді.

Вміст ВМ у досліджених річках Тернопільщини за зменшенням рівня забруднення можна представити рядом: АТ < ПЗТ < УТ < ТТ.

Донні відклади. Кореляційно-регресивний аналіз між вмістом фосфатів та лужних і лужно-земельних металів (рис. 8) показав, що найбільший вплив на вміст фосфору у донних відкладах виявляє Са (II).

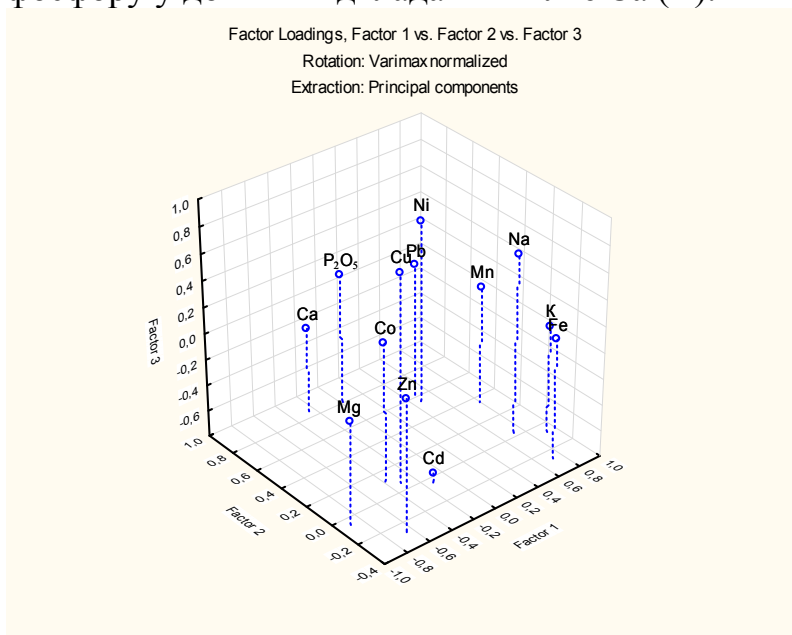


Рис. 8. Результати багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу впливу гідрохімічних чинників та іонів металів на вміст фосфатів у донних відкладах досліджених річок.

Концентрація фосфатів слабо залежить від вмісту Mg (II), а вміст Na (I) і K (I) прямо корелює із концентрацією фосфору, однак відіграють значно меншу роль.

Встановлено також, що на вміст сполук фосфору найбільший вплив здійснює Cu (II), а меншою мірою – Zn (II). Між вмістом Mn (II) та Fe (III) та вмістом сполук фосфору встановлена пряма залежність, ймовірно, за рахунок утворення ними малорозчинних сполук у донних відкладах.

Прибережні ґрунти. Встановлено (рис. 9) прямий зв'язок між вмістом сполук фосфору та вмістом Na (I) та K (I), які, однак, не мають здійснюють впливу на вміст фосфатів у прибережному ґрунті.

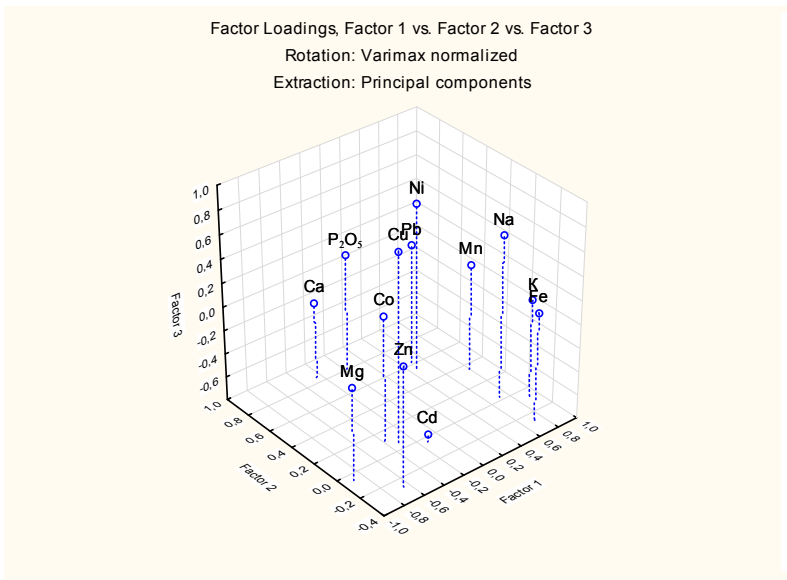


Рис. 9. Результати багатofакторного кореляційно-регресивного аналізу впливу гідрохімічних чинників та іонів металів на вміст фосфатів у прибережних ґрунтах досліджених річок.

Вплив Ca (II) та Mg (II) на вміст сполук фосфору характеризується оберненою залежністю.

Встановлено, що біогенні метали не здійснюють значного впливу на вміст сполук фосфору у ґрунті та характеризуються прямою кореляційною залежністю. Вміст Cd (II) корелює з вмістом фосфатів у прибережному ґрунті обернено, а Pb (IV) та Ni (III) – прямо, однак, вони також не здійснюють значного впливу на вміст та розподіл сполук фосфору.

Отже, встановлено тісний зв'язок між вмістом фосфатів та лужними (Na (I), K (I)) і важкими металами (Zn (II), Fe (III), Pb (IV), Ni (III)) у воді, які утворюють малорозчинні солі фосфорної кислоти. У донних відкладах вміст фосфатів найбільше залежить від вмісту K (I), Ca (II), Mg (II) і важких металів – Mn (II), Fe (III), Cu (II), Cd (II), що утворюють малорозчинні фосфорорганічні сполуки. Метали у прибережному ґрунті відіграють незначну роль в утворенні сполук з фосфатами, оскільки вони міцно зв'язані з гумусовими речовинами.

Регуляція накопичення сполук фосфору у біотичних компонентах річок. Фітобіота, споживаючи фосфати із води та твердих субстратів, впливає на їх вміст у гідроекосистемі та бере участь у підтриманні балансу фосфору у ній. Нами досліджено загальний вміст фосфору у доміантних представників досліджених водойм: *Glyceria maxima* (С. Hartm.) Holmb. (Лепешняк великий) і *Ceratophyllum demersum* L. (Кушир занурений). Для кореня та стебла *G. maxima* з річок усіх досліджених територій характерне зменшення вмісту фосфору до кінця вегетаційного сезону, а в листі – збільшення. Щодо *C. demersum*, то для рослин з річок ПЗТ та УТ характерне зменшення вмісту фосфору до вересня, а для рослин з річок АТ і ТТ – його збільшення, що може бути пов'язано із забрудненням останніх.

Нами було досліджено вміст лужних, лужно-земельних та важких металів для з'ясування впливу останніх на вміст фосфору у рослинах. Встановлено, що на вміст сполук фосфору у *G. maxima* найбільше впливають присутність Cd (II), Pb (IV) та Zn (II) (рис. 10), а на вміст фосфору у *C. demersum* – Fe (III) та Zn (II), що є важливими біогенними елементами для рослин (рис. 11).

Показником підтримання гомеостазу сполук фосфору у рослин є активність ферментів, функціонування яких пов'язано з використанням або утворенням фосфатів. На зміни АТФ-азної активності та лужної фосфатази, як показників рівня енергетичних процесів та стресовості умов для зростання рослин, впливає вміст

фосфору у рослині, який у вигляді кислотного залишку фосфорної кислоти включається в органічні сполуки. Проведеним багатофакторним кореляційно-регресивним аналізом для *G. maxima* (рис. 10) між фосфатами у воді, сполуками фосфору у рослині та активністю ЛФ встановлено тісну залежність, що свідчить про протікання активного процесу дефосфорилювання органічних сполук у рослині, коли із збільшенням фосфору у рослині активність ЛФ зростає.

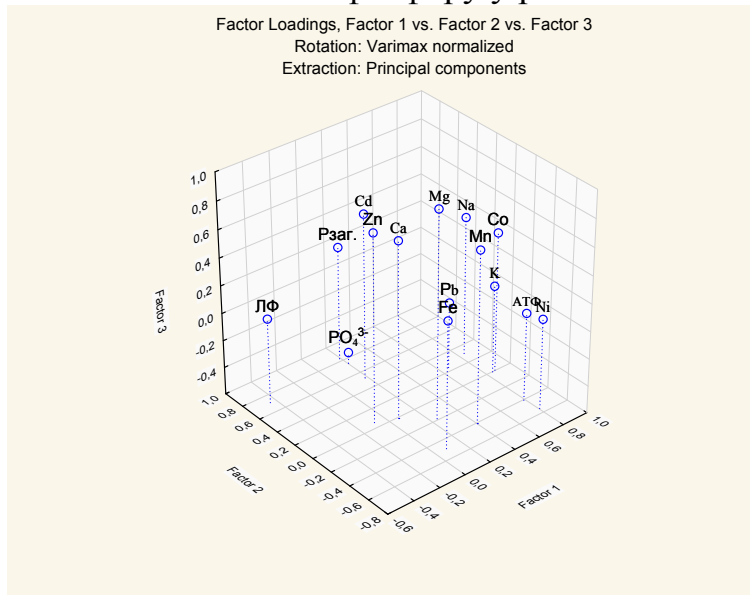


Рис. 10. Результати багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу взаємовпливу іонів металів, активності АТФ-ази та лужної фосфатази, сполук фосфору у рослині та фосфатів у воді досліджених річок для *G. maxima*

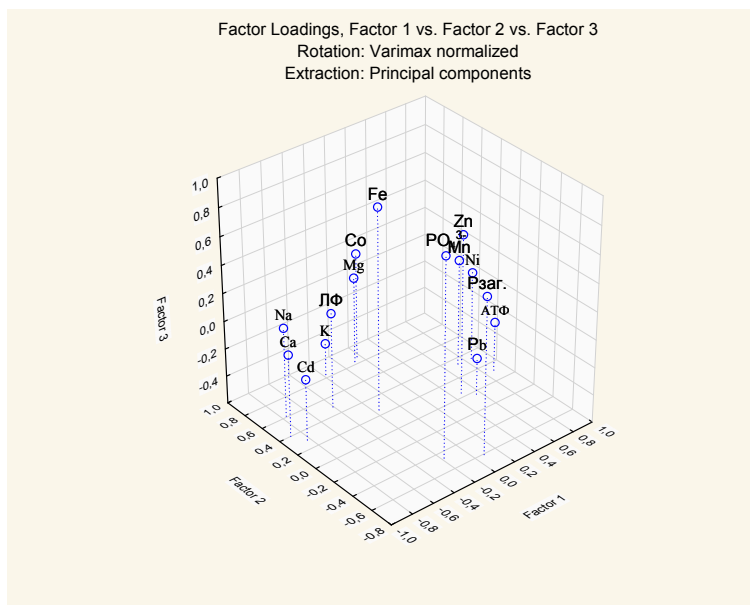


Рис. 11. Результати багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу взаємовпливу іонів металів, активності АТФ-ази та лужної фосфатази, сполук фосфору у рослині та фосфатів у воді досліджених річок для *C. demersum*

Між активністю АТФ-ази, фосфатами у воді та сполуками фосфору у рослині, подібно як в *G. maxima*, встановлена слабка обернена залежність.

Для прогнозування ефективності методу біосорбції за допомогою акумулятивної здатності поглинання фосфатів вищими водними рослинами був проведений модельний експеримент із такими рослинами: Лепешняк великий (*Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.), Настурція лікарська (*Nasturtium officinale* R. Br.) та Незабудка болотяна (*Myosotis scorpioides* (L.) L.).

Встановлено, що *M. scorpioides* має найвищий коефіцієнт акумуляції фосфору із води – 33,9 у контрольних і 51,8 у дослідних пробах, що дозволяє вважати її найефективнішою з досліджуваних рослин, для зменшення забруднення водою сполуками фосфору.

Роль фітопланктону в перерозподілі та накопиченні фосфатів у гідроекосистемах. У фітопланктоні річок Тернопільщини виявлено 117 видів водоростей (121 внутрішньовидових таксонів) із семи відділів, серед яких найбільшим видовим багатством і кількісними показниками характеризувалися відділи Bacillariophyta і Chlorophyta (рис. 12).

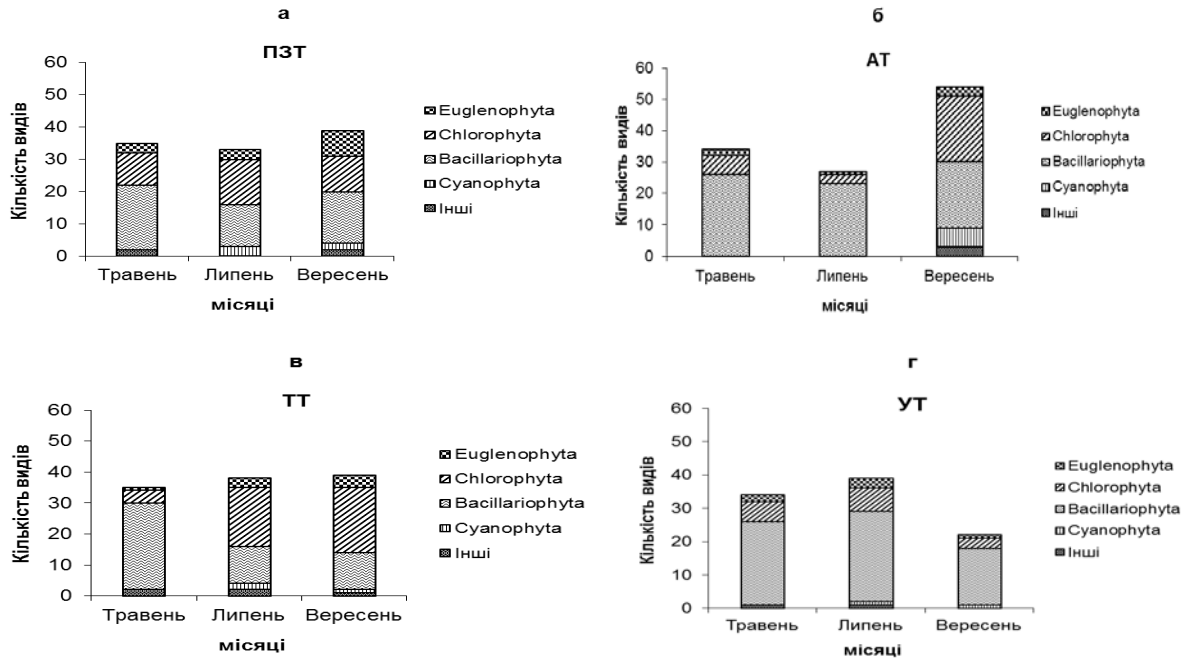
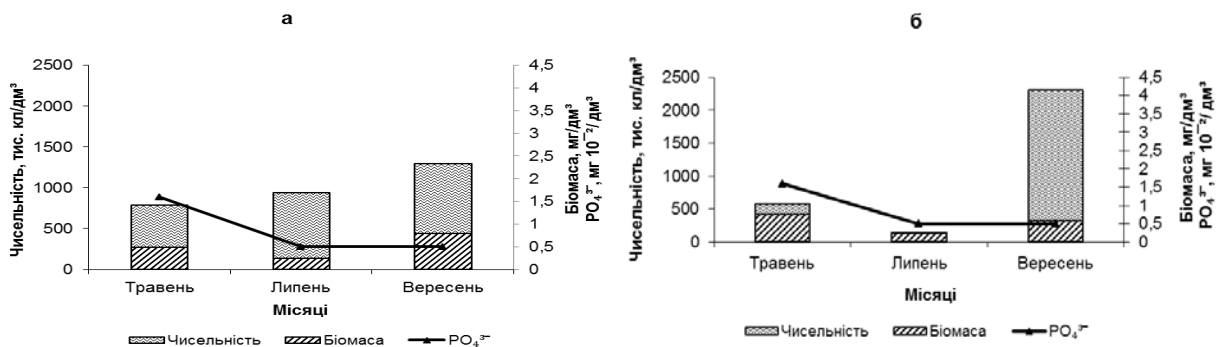


Рис. 12. Динаміка видового багатства фітопланктону у досліджених річках : а – ПЗТ, б – АТ, в – ТТ, г – УТ

Динаміка кількісних показників планктонних водоростей в річках на всіх досліджених територіях була тісно пов'язана з динамікою вмісту фосфатів. Так, при зниженні їх концентрацій з травня до вересня у річках на всіх територіях чисельність фітопланктону підвищувалася, що пов'язано з їх активним поглинанням клітинами водоростей (рис. 13).



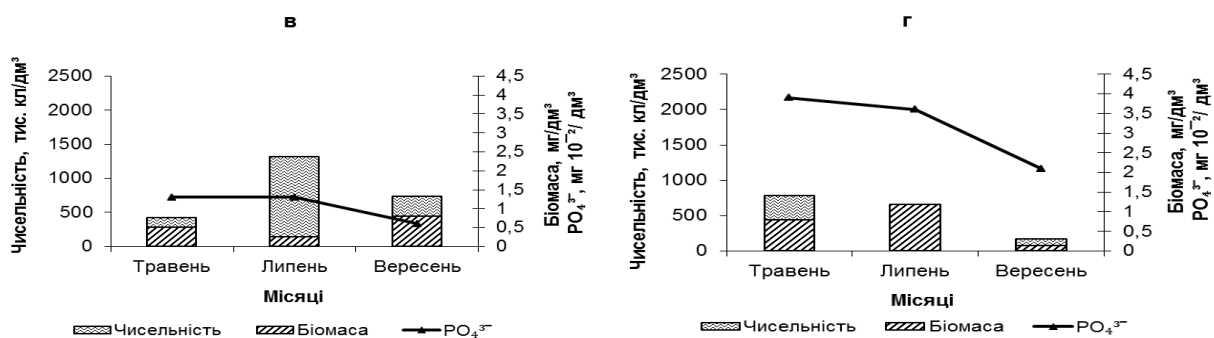


Рис. 13. Показники чисельності (тис. кл/дм³), біомаси (мг/дм³) водоростей та вмісту фосфатів (мг 10⁻²/дм³) у досліджених річках: а – ПЗТ, б – АТ, в – ТТ, г – УТ

У річках з ПЗТ і АТ при зниженні вмісту фосфатів зростала чисельність водоростей усіх відділів, за винятком Chlorophyta. У річках з ТТ і УТ, навпаки, при зниженні вмісту фосфатів чисельність фітопланктону також знизилася, що може бути наслідком підвищеного антропогенного впливу на водойми. Як і чисельність, біомаса водоростей також залежить від вмісту фосфатів у воді. У річках з ПЗТ і АТ при зниженні їх концентрації біомаса фітопланктону зростала, а в річках з ТТ і УТ – знижувалася. Проведеним багатофакторним кореляційно-регресивним аналізом встановлено, що чисельність та біомаса фітопланктону прямо корелює із вмістом фосфатів у воді, однак найбільший вплив на вміст фосфатів у гідроекосистемах Тернопільщини здійснює біомаса водоростей.

Для з'ясування впливу абіотичних та біотичних чинників на вміст фосфатів у гідроекосистемі, нами було розраховано складові балансу фосфору. Для розрахунків була використана формула імітаційної математичної моделі фосфорної системи $C_i/t = R_i + LOAD_i$, описана у роботі (Булдовская, 1998).

Встановлено, що найбільша кількість надходження фосфору з фосфатних добрив та зворотних вод зафіксована на АТ у зв'язку з високою кількістю фосфатних добрив, що використовуються у с/г і, як наслідок, потраплянням фосфору у гідроекосистему. Проте, найвищий вміст фосфору зафіксований на УТ, що пов'язано зі значним антропогенним навантаженням на даній території. Вміст фосфору у річці з ПЗТ не є найменший серед досліджуваних територій у зв'язку із антропогенним навантаженням в районах, що знаходяться вище руслом річки та потраплянням фосфатів з них на досліджувану територію, а також високим показником біотичної складової, зокрема вищих водних рослин.

Отже, досліджувані гідроекосистеми Тернопільської області характеризуються високою буферною ємністю за рахунок урівноваження процесів надходження, трансформації та виходу сполук фосфору з екосистеми, значну роль у чому відіграють фітопланктон та вищі водні рослини.

ВИСНОВКИ

З'ясовано закономірності формування вмісту фосфатів та впливу біотичних і абіотичних чинників на їхній розподіл в річкових екосистемах Тернопільської області в сезонному аспекті за різного характеру антропогенного навантаження.

1. Рівень антропогенного навантаження впливає на формування вмісту сполук фосфору у досліджених річках: найефективніша їх регуляція виявлена у річці природно-заповідної території, потім – аграрної, а найнижча – у річках техногенно-трансформованої і урбанізованої територій.

2. Вміст фосфатів у воді досліджених річок визначається їх міграцією в системі ґрунт↔вода↔донні відклади, що має сезонний характер. Встановлено, що для природно-заповідної, техногенно-трансформованої та урбанізованої територій навесні більшість валового фосфору знаходиться у ґрунті (260,4 мг/кг на ТТ), а влітку і до осені зростає його частка у донних відкладах (572,5 мг/кг). На аграрній території спостерігається переважання вмісту фосфатів у донних відкладах над його рівнем у ґрунтах та воді. Динаміка співвідношення рухомих форм фосфору визначається сезонними чинниками зі зменшенням вмісту фосфору влітку у донних відкладах (187,5 мг/кг) і витримуванням в межах екологічної норми фосфатів у воді річок аграрної і техногенно-трансформованої територій (0,015 мг/дм³). Встановлена закономірність найменше проявляється в екосистемі річок природно-заповідної та урбанізованої територій.

3. Встановлено тісний зв'язок між вмістом фосфатів та лужними (Na (I), K (I)) і важкими металами (Zn (II), Fe (III), Pb (II), Ni (III)) у воді, які утворюють солі фосфорної кислоти. У донних відкладах найбільше зв'язують фосфати такі лужні та лужно-земельні метали як K (I), Ca (II), Mg (II) і важкі метали – Mn (II), Fe (III), Cu (II), Cd (II), що утворюють різноманітні фосфорорганічні сполуки. Метали у прибережному ґрунті відіграють незначну роль в утворенні сполук з фосфатами.

4. Вміст фосфору у водних рослинах впливає на колообіг фосфору у системі ґрунт↔вода↔мул. Найвищі показники вмісту фосфору у *G. taxita* на територіях з природно-заповідної, аграрної та техногенно-трансформованої територій зафіксовані у листі, що знижуються з травня по вересень. У рослині з урбанізованої території максимальний вміст фосфору у корені, що характеризується стрімким зростанням з травня по вересень. Встановлено, що вміст сполук фосфору у *G. taxita* прямо корелює із вмістом фосфатів у воді, а у *C. demersum* – обернено, що свідчить про їх накопичувальну здатність щодо фосфатів із води та подальшу трансформацію у рослині.

5. Встановлено, що найбільший вплив на вміст фосфору у рослинах здійснюють іони Cd (II), Pb (II), Ca (II), Zn (II) та Fe (III), що свідчить про зв'язування фосфору із даними металами.

6. Досліджено, що зі збільшенням фосфору у рослині активність АТФ-ази та лужної фосфатази зростає, що свідчить про активне протікання реакцій дефосфорилування.

7. З'ясовано, що при зниженні концентрації фосфатів у воді чисельність та біомаса фітопланктону зростає, за винятком річки з урбанізованої території, де дана закономірність порушується внаслідок підвищеного антропогенного навантаження на водойму.

8. Встановлено, що серед досліджуваних вищих водних рослин *Myosotis scorpioides* (L.) L. має найвищий коефіцієнт акумуляції фосфору із води – 33,9 у контрольних і 51,8 у дослідних пробах, що дозволяє вважати її найефективнішою рослиною для зменшення забруднення водойм сполуками фосфору.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані результати є теоретичним підґрунтям для використання регуляторних факторів, що визначають вміст фосфатів у річках з різним ступенем антропогенного навантаження та для оптимізації вмісту фосфатів у річках. Виявлені особливості у водоймах досліджуваних територій можуть бути використані для розроблення рекомендацій щодо оцінки рівнів токсичності та біомоніторингу гідроекосистем за видовим співвідношенням фітопланктону, а також при розробці заходів із регулювання надходження фосфатів з водозбірних територій. Для зменшення забруднення водойм сполуками фосфору доцільно запропонувати культивування *Myosotis scorpioides* (L.) L., яка володіє значною акумулюючою здатністю щодо фосфору та має високий коефіцієнт акумуляції фосфору із води.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

– *в наукових періодичних фахових виданнях України:*

1. Прокопчук, О.І.; Грубінко, В.В. Фосфати у водних екосистемах. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія* **2013**, 3 (56), с 78–85. (Аналіз експериментальних даних, написання статті).

2. Прокопчук, Е.И.; Суходольская, И.Л. Связывание аммония высшими водными растениями в гидроекосистемах в зависимости от его содержания в воде. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка* **2015**, 3-4 (64), с 553–557. (Участь у проведенні досліджень, написання статті).

3. Прокопчук, О.І.; Грубінко, В.В. Важкі метали у малих річках Тернопільщини з різним рівнем антропогенного навантаження. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія* **2016**, 24 (1), с 173–181. (Проведення досліджень, написання статті).

4. Прокопчук, О. І.; Грубінко, В.В. Накопичення фосфору рослинами *Myosotis palustris*, *Glyceria maxima* та *Nasturtium officinale* в лабораторному експерименті. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія* **2016**, 24 (2), с 437–443. (Проведення досліджень, написання статті).

5. Прокопчук, О.І. Сезонні зміни вмісту сполук фосфору в абіотичних складових річок Тернопільщини з різним характером антропогенного впливу. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія* **2017**, 2 (69), с 105–112. (Проведення досліджень, написання статті).

6. Прокопчук, О.И.; Мантурова, О.В. Фитопланктон малых рек Тернопольской области и связь его количественных показателей с содержанием фосфора в воде. *Гидробиологический журнал* **2017**, 3 (53), с 12-21. (Участь у проведенні досліджень, написання статті).

– *в наукових періодичних виданнях інших держав, в т.ч., що входять до міжнародних наукометричних баз:*

7. Prokopchuk, O.; Grubinko, V. The content of phosphorus in the hydroecosystem of small river and its relationship with phytoplankton growth. *Acta Carpathica* **2016**, pp 155–162. (Участь у проведенні досліджень, написання статті).

8. Прокопчук, О.І. «Взаємозв'язок вмісту фосфатів з фізико-хімічними параметрами води у річках Тернопільщини з різним типом антропогенного впливу». *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Science"* **2017**, **3** (19), с 16-19. (Проведення досліджень, написання статті).

– **в інших наукових виданнях:**

9. Грубинко, В.В.; Прокопчук, Е.И. Факторы поддержания гомеостаза фосфора в экосистеме малой реки. *Материалы лекций II-й Всероссийской школы-конференции «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана»*, Борок, Ноябрь 18–22, 2014; Борок, 2014; с 104–106.

10. Прокопчук, Е.И.; Суходольская. И.Л. Связывание аммония высшими водными растениями в гидроэкосистемах с разным уровнем фосфатов. *Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием и школы для молодых ученых «Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий»*, Петрозаводск, Сентябрь 21–26, 2015; Петрозаводск, 2015; с 438.

11. Прокопчук, Е. И. Поглощение фосфора высшими водными растениями из водной среды в эксперименте. *Материалы Всероссийской молодежной гидробиологической конференции «Перспективы и проблемы современной гидробиологии»*, Борок, Ноябрь 10-13, 2016; Борок, 2016, с 234–235.

12. Прокопчук, О.І. Фактори підтримки гомеостазу фосфору в екосистемі малої річки. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Сучасні проблеми викладання та наукових досліджень біології у ВНЗ України»*, Дніпропетровськ, Жовтень 8–9, 2014; Дніпропетровськ, 2014; с 235–238.

13. Прокопчук, Е.И. Физико-химические свойства воды как фактор регуляции уровня фосфатов в реках. *Матеріали IX Міжнародної конференції молодих учених «Біологія: від молекули до біосфери»*, Харків, Листопад 18–20, 2014; Харків, 2014; с 154–155.

14. Прокопчук, О. І. Застосування вищих водних рослин в очищенні водойм від фосфатів. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Наукові засади підготовки фахівців природничого, інженерно-педагогічного та технологічного напрямків»*, Бердянськ, Квітень 3-8, 2017; Бердянськ, 2017; с 184–185.

15. Прокопчук, О.І.; Курта, Ю.Я. Температура воды как фактор регуляції рівня сполук фосфору у малих річках. *Збірник наукових праць «Біологічні дослідження – 2015»* **2015**, с 200–202.

16. Прокопчук, О.І.; Курта, Ю.Я. Водневий показник (рН) як фактор регуляції рівня сполук фосфору у воді малих річок. *Збірник тез XI Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології»*, Львів, Квітень 20–23, 2015; Львів, 2015; с 224–225.

17. Прокопчук, О.І. Розчинений кисень як фактор регуляції рівня сполук фосфору у малих річках Тернопільської області. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю географічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка «Географія, екологія, туризм: теорія, методологія, практика»*, Тернопіль, Травень 21–23 2015; Тернопіль, 2015; с 295–297.

18. Прокопчук, О.І. Взаємозв'язок між вмістом сполук фосфору у прибережному ґрунті та воді річки на аграрній території. *Матеріали II Міжнародної конференції «Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем»*, Дніпропетровськ, Жовтень 9, 2015; Дніпропетровськ, 2015; с 84–87.

19. Суходольська, І. Л.; Прокопчук, О.І. Порівняльна характеристика вмісту нікелю у річках Рівненської та Тернопільської областей. *Збірник наукових праць Другої Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю «Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища»*, Рівне, Жовтень 21–23, 2015; Рівне, 2015; с 178–179.

20. Прокопчук, Е. И. Корреляционный анализ зависимости уровня фосфатов в реках от физико-химических показателей воды (на примере Тернопольской области). *Матеріали X Міжнародної конференції молодих учених «Біологія: від молекули до біосфери»*, Харків, Грудень 2–4, 2015; Харків, 2015; с 221–222.

21. Прокопчук, О.І. Чинники підтримання гомеостазу фосфору в гідроекосистемі малої річки урбанізованої території. *Збірник наукових праць «Біологічні дослідження – 2016»* **2016**, с 105–106.

22. Гуменюк, Г. Б.; Прокопчук, О. І.; Гарматій, Н. М. Еколого-оптимізаційна модель мінімізації вмісту фосфат-йонів у річці Збруч (Тернопільська область). *Тези доповідей VI Міжнародної науково-методичної конференції Форуму молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід»*, Вінниця, Вересень 24–25, 2015; Вінниця, 2015; с 21–22.

23. Прокопчук, О.І. Вміст біогенних важких металів у малих річках Тернопільщини. *Матеріали IV Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології і екології»*, Вінниця, Квітень 12–14, 2016; м. Вінниця, 2016, с 138–139.

24. Прокопчук, О.І. Вміст небіогенних важких металів у малих річках Тернопільщини. *Збірник тез XII Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів «Молодь і поступ біології»*, Львів, Квітень 19–21, 2016; Львів, 2016; с 173–174.

25. Прокопчук, О.І. Оцінка фосфатного статусу річки та прибережного ґрунту в межах природного заповідника «Медобори». *Збірник тез I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку природничих наук та методик їх викладання»*; Глухів, 2016.

26. Прокопчук, О.І. Накопичення фосфору *Nasturtium officinale* R. Вг. у модельному експерименті. *XII Міжнародна науково-практична конференція «Біотехнологія для аграрного виробництва та захисту природного середовища»*, Одеса, Вересень 7–10, 2016; Одеса, 2016; с 199–200.

27. Прокопчук, О.І. Накопичення фосфору *M. palustris* в експерименті. *Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції «Стан природних*

ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення», Дрогобич, Жовтень 12–14, 2016; Дрогобич, 2016; с 76–77.

28. Прокопчук, О.І. Накопичення фосфору *Glyceria maxima* у модельному експерименті. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання розвитку біології та екології»*, Вінниця, Жовтень 3–7, 2016; Вінниця, 2016; с 372–377.

29. Суходольська, І.Л.; Прокопчук, О.І. Таксономічний склад та сезонна динаміка фітопланктону річки Устя. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Регіональні геоекологічні проблеми: сучасний стан та шляхи їх вирішення»*, Рівне, Жовтень 20–22, 2016; Рівне, 2016; с 132–134.

30. Скиба, О.І. Вплив біотичних та абіотичних чинників на баланс фосфору в річкових екосистемах. *«Актуальные вопросы современной науки» (г. Ивано-Франковск, 07-08 июля 2017 г.)* **2017**.

АНОТАЦІЯ

Скиба О.І. Закономірності формування рівня та трансформації сполук фосфору у воді малих річок Тернопільщини у зв'язку з рівнем антропогенним навантаження. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, 2017.

Дисертаційна робота присвячена вивченню закономірностей формування рівня та трансформації сполук фосфору у воді малих річок Тернопільщини у зв'язку з рівнем антропогенним навантаження.

Уперше здійснено дослідження та аналіз гідроекосистем Тернопільської області в сезонному аспекті з різним характером антропогенного навантаження щодо вмісту і співвідношення сполук фосфору в їх абіотичних та біотичних складових. Досліджено, що рівень антропогенного навантаження істотно впливає на формування вмісту сполук фосфору у досліджених річках: найефективніший рівень їх регуляції виявлений у річці природно-заповідної території, потім – аграрної, а найнижчий – у річках техногенно-трансформованої і урбанізованої територій.

Виявлено суттєвий вплив фізико-хімічних факторів (температура, рН, кисневий режим) на вміст і співвідношення сполук фосфору у воді досліджуваних річок, особливо у водоймі з урбанізованої території. З'ясовано взаємозв'язок між вмістом лужних, лужно-земельних, есенціальних та неесенціальних важких металів та вмістом і співвідношенням сполук фосфору в біотичних та біотичних складових гідроекосистем. Визначено швидкість біохімічних перетворень сполук фосфору вищими водними рослинами малих річок з різним рівнем антропогенного навантаження.

Експериментально встановлено, що *Myosotis scorpioides* (L.) L. має найвищий коефіцієнт акумуляції фосфору із води, що дозволяє вважати її найефективнішою з досліджуваних рослин, для зменшення забруднення водойм сполуками фосфору.

Ключові слова: гідроекосистема, сполуки фосфору, важкі метали, вищі водні рослини, фітопланктон.

АННОТАЦИЯ

Скиба Е.И. Закономерности формирования уровня и трансформации соединений фосфора в воде малых рек Тернопольской области и их связь с уровнем антропогенной нагрузки. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук (доктора философии) по специальности 03.00.16 – экология. – Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича. Черновцы, 2017.

Диссертационная работа посвящена изучению закономерностей формирования уровня и трансформации соединений фосфора в воде малых рек Тернопольской области в связи с уровнем антропогенной нагрузки.

Впервые осуществлено исследование и анализ гидроэкосистем Тернопольской области в сезонном аспекте с различным характером антропогенной нагрузки на содержание и соотношение соединений фосфора в их абиотических и биотических составляющих. Доказано, что уровень антропогенной нагрузки существенно влияет на формирование содержания соединений фосфора в исследованных реках: эффективный уровень их регуляции обнаружен в реке природно-заповедной территории, затем - аграрной, а самый низкий - в реках техногенно-трансформированной и урбанизированной территории. Выявлено существенное влияние физико-химических факторов (температура, рН, кислородный режим) на содержание и соотношение соединений фосфора в воде исследуемых рек, особенно в водоеме с урбанизированной территории. Установлена взаимосвязь между содержанием щелочных, щелочно-земельных, эссенциальных и неэссенциальных тяжелых металлов и содержанием и соотношением соединений фосфора в биотических и биотических составляющих гидроэкосистем. Определены скорость биохимических превращений соединений фосфора выше водными растениями малых рек с разным уровнем антропогенной нагрузки. Экспериментально установлено, что *Myosotis scorpioides* (L.) L. имеет самый высокий коэффициент аккумуляции фосфора из воды, что позволяет считать ее эффективной из исследуемых растений, для уменьшения загрязнения водоемов соединениями фосфора.

Ключевые слова: гидроэкосистема реки, соединения фосфора, тяжелые металлы, высшие водные растения, фитопланктон.

SUMMARY

O. I. Skyba. Mechanisms of phosphorus level formation and transformation in water of Ternopil region small rivers due to the level of anthropogenic pressure. - Manuscript.

PhD thesis for PhD degree (PhD) on specialty 03.00.16 – Ecology. – Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, 2017.

The PhD thesis is devoted to the study of mechanisms of phosphorus level formation and transformation in water of Ternopil region small rivers due to the level of anthropogenic pressure.

The contents of phosphates in water of researched rivers are determined with its migration in the soil-water-bottom sediments system, that has seasonal character.

The most significant influence on the change of dissolved oxygen indexes and pH of water was recorded on the urbanized area – significant indexes of phosphate concentrations (serum value 0.033 mg / dm³) cause acidification of water (pH 5.42-7.05) and a decrease of the content of dissolved oxygen (3.55-4.78 mgO₂ / dm³).

There is a close connection between the content of phosphates and alkaline (Na, K) and heavy metals (Zn, Fe, Pb, Ni) in water that form the salts of phosphoric acid. In bottom sediments such alkaline and alkaline earth metals as K, Ca, Mg and heavy metals - Mn, Fe, Cu, Cd link phosphates the most, and form various organophosphorus compounds. The metals in the coastal soil play an insignificant role in the formation of compounds with phosphates, since they are strongly bound with humus acids.

The highest indexes of the contents of phosphorus in *G. maxima* on nature reserved, agrarian and techno-transformed territories are recorded in leaves, which decrease from May to September. In a plant from the urbanized territory the maximum contents of phosphorus in the root, characterized by rapid increase from May to September. It was established that the contents of phosphorus compounds in *G. maxima* directly correlates with phosphates in water, and *C. demersum* is inversely correlate, that means their accumulation capacity for phosphates from water and further its transformation in the plant. It was established that the biggest influence on the phosphorus contents in plants is made by the ions of Cadmium, Plumbuum, Calcium, Zinc and Ferum, which indicates the binding of phosphorus with these metals.

It was established that with increasing phosphorus in the plant, the activity of enzymes increases, that indicates the active occurrence of phosphorylation and dephosphorylation reactions.

In the researched rivers, Bacillariophyta and Chlorophyta characterized with the largest species wealth and as quantitative indicators. It was established that when phosphate concentration in water decreases, the number and biomass of phytoplankton increases, with the exception of a river from an urbanized territory, where this regularity is interrupted due to increased anthropogenic loading on the reservoir.

It was established that *M. scorpioides* has the highest coefficient of accumulation of phosphorus from water – 33.9 in control and 51.8 in experimental samples. Therefore, to remove phosphates from the water, it is suggested to cultivate – *M. scorpioides*.

Keywords: hydroecosystem, river, phosphorus compounds, heavy metals, higher aquatic plants, phytoplankton.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ААС – атомно-абсорбційна спектрофотометрія;

ЛФ – лужна фосфатаза, КФ. 3.1.3.1;

АТФ-аза – аденозинтрифосфатаза, КФ. 3.6.1.3;

АТ – аграрна територія;

ПЗТ – природно-заповідна територія;

ТТ – техногенно-трансформована територія;

УТ – урбанізована територія.

Підписано до друку 09.11.2017 р. Замовл. № 25.
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний. Друк різнографічний.
Ум. др. арк. 0,9. Гарнітура Times New.
Наклад 100 примірників.

Видрук оригінал-макету:
редакційно-видавничий відділ
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027

