

ОГЛЯДИ

УДК (574.64:546.18):591.524.1

М.О. САВЛУЧИНСЬКА, Л.О. ГОРБАТЮК, О.М. ПЛАТОНОВ, О.О. ПАСІЧНА,
С.П. БУРМІСТРЕНКО, І.Г. КУКЛЯ, Н.М. КАГЛЯН, О.М. АРСАН

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

ФОСФОР МИЙНИХ ЗАСОБІВ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ВОДЯНІ ОРГАНІЗМИ (ОГЛЯД)

В оглядовій статті узагальнено останні літературні відомості щодо впливу фосфору, в тому числі в складі мийних засобів, на гідробіонтів. Розглянуто наслідки дії фосфору на деякі фізіолого-біохімічні показники водяних тварин, роль окремих з них в регенерації та колообігу фосфору у водних екосистемах.

Ключові слова: фосфор, триполіфосфат натрію, фосфати, синтетичні миючі засоби, дафнії, молюски, риба

З кожним роком в Україні виробництво фосфатних миючих засобів невпинно зростає, а їх асортимент розширюється.

Екологічна небезпека миючих засобів пов'язана з тим, що в кінцевому рахунку ці сполуки потрапляють у водні об'єкти або зі стічними водами, або внаслідок цілеспрямованого використання та здійснюють токсичну дію на водяні організми, впливають на процеси самоочищення та, відповідно, на якість води і біопродуктивність водойм [11, 22, 30].

Тим не менше, обсяг фахової літератури з питань екотоксикології фосфоровмісних синтетичних миючих засобів (СМЗ) значно поступається за об'ємом публікаціям з токсикології пестицидів, важких металів та інших пріоритетних токсикантів. Переважно друкуються окремі повідомлення, однак фундаментальних досліджень та їх аналізу з токсикології фосфатних СМЗ у вітчизняній літературі до цього часу ще не було.

Виходячи з цього, метою даної роботи є аналіз наявної у фаховій літературі інформації щодо впливу фосфору, зокрема в складі мийних засобів, на гідробіонтів.

Фосфоровмісні сполуки, як і інші токсичні речовини, що надходять у водні об'єкти, можуть мігрувати та накопичуватися у різних компонентах водної екосистеми, зокрема в донних відкладах та гідробіонтах [6, 45].

Висока концентрація сполук фосфору у стічних та промислових водах, що надходять у водойми та водотоки зазвичай викликає інтенсивний ріст біомаси водяних рослинних організмів, особливо одноклітинних водоростей, що зумовлюють «цвітіння води» [6, 33, 40, 41, 45]. Саме підвищена концентрація фосфору у воді частіше за все є причиною евтрофікації водойм, а його нестача пригнічує ріст біомаси фітопланктону та розвиток вищих водяних рослин [13].

З метою підвищення кормової бази рибницьких ставів вносять мінеральні добрива, в тому числі фосфорні. Цей напрямок, який включає в себе дослідження впливу мінерального фосфору на біоту водойм, інтенсивно розвивається з середини XX століття. За цей період розроблено рекомендації щодо норми і періодичності внесення фосфатів, виявлено чинники,

які обмежують їх застосування. Так, було запропоновано вносити фосфор (у вигляді суперфосфату) у ставки з розрахунку до $0,5 \text{ мг/дм}^3$, що відповідає біологічним потребам зелених планктонних водоростей [25]. Поряд з цим, досліджено і вплив фосфорних добрив на зоопланктон. Так, показано, що внесення суперфосфату разом з азотними добривами в кількості 2 мг Р/дм^3 збільшує приріст біомаси популяції дафній [15]. За даними Брагінського Л.П. [5], *D. magna* виживає при концентрації 5 мг/дм^3 фосфору, але при 10 мг/дм^3 загинуть рачків складає 85%. Як показала Т.В. Складарова, концентрації $0,3-0,5 \text{ мг/дм}^3 \text{ NaH}_2\text{PO}_4$ позитивно впливають на розмноження дафній, а концентрація 2 мг/дм^3 спричиняє загибель молоді рачків протягом доби [4]. В той же час елементарний фосфор значно більш токсичний для гіллястувусих рачків, загибель організмів виявлялась при концентраціях вище $0,047 \text{ мг Р/дм}^3$ [3]. Слід зауважити, що відсутність цього елемента в середовищі також негативно впливає не тільки на фітопланктон, але й на зоопланктон [37]. Так, при співвідношенні вмісту фосфору до вмісту вуглецю в планктонних водоростях нижче 0,0011 дафнії, які харчуються цими водоростями, не можуть розмножуватися [46].

Щодо синтетичних миючих засобів (СМЗ), які містять фосфати (триполіфосфат натрію), то в експериментальних умовах при їх внесенні в акваріуми інтенсивно розвиваються протококові, а в природі – переважно синьо-зелені водорості [24].

В роботі [29] розглянуто результати токсикологічних експериментів на *D. magna*, в яких, поряд з токсичною дією синтетичних миючих засобів, проявилась і негативна для тест-об'єктів їх евтрофікуюча активність. В роботі [5] вказується, що негативну дію на *D. magna* чинять саме поверхнево-активні речовини (ПАР), безпосередньо вражаючи організм безхребетних, а фосфати лише підсилюють негативну дію ПАР на дафній, яка полягає в інтенсифікації життєдіяльності водоростей та обростання ними дафній. Так, за дії СМЗ відомих за радянських часів – «Чайка», «Ера», «Донбасс», «Лотос» на *D. magna* у воді, взятої з евтрофної водойми, спостерігалось обростання дафній одноклітинними та нитчастими водоростями, що з часом зростає пропорційно концентрації досліджуваної речовини. При цьому у даній воді без додавання СМЗ обростання не спостерігалось. В результаті проведених досліджень було зазначено, що СМЗ одночасно виступає як чинник евтрофікації і токсифікації модельної екосистеми.

Безхребетні, особливо на ранніх стадіях розвитку, надзвичайно чутливі до вмісту мийних засобів у воді: концентрації нижче $0,1 \text{ мг/л}$ впливають на ріст та розвиток деяких видів. Негативна дія мийних засобів полягає в їх взаємодії з білками та вплив на проникність мембран. Встановлено, що в природних водах мийні засоби частково деградують, тому гранично допустима концентрація $0,5 \text{ мг/л}$, очевидно, не матиме негативної дії.

Низка робіт присвячена впливу фосфоровмісних речовин, зокрема у складі мийних засобів, на біохімічні показники морських і прісноводних молюсків, а також ролі молюсків у регенерації фосфору як поживної речовини і його циркуляції у водних екосистемах.

Зокрема, досліджували рівень активності кислої ДНКазы в гемоцитах і травній залозі мідій *Mytilus galloprovincialis* після впливу модельних забруднювачів, в тому числі мийних засобів. Питома активність ферменту у контрольних молюсків була вищою в гемоцитах, ніж в травній залозі. У тих випадках, коли забруднюючий ефект не міг бути виявлений шляхом вимірювання кислої ДНКазы в одній тканині, було введено коефіцієнт – співвідношення її активності у травній залозі та у гемоцитах (Нер/Нем). Польові дослідження показали, що травна залоза мідій є чутливою тканиною для виявлення забруднених детергентами акваторій [36]. Іншими авторами [32] пропонується використовувати мідій *Mytilus galloprovincialis* для біомоніторингу стану водних екосистем з високою концентрацією синтетичних миючих засобів.

В роботі Кандюк Р. П. [16] зазначається, що зі зростанням концентрації детергента Ariel вміст стеринів в мідій помітно падає. В розчинах трьох концентрацій ($0,001$, $0,005$ і $0,01\%$) вміст холестерину в організмі молюсків підвищується на третю добу. Зміну вмісту стеаринової фракції та її компонентів в тілі мідій під впливом детергентів автор пояснив здатністю останніх проникати через мембрану клітин тіла молюска та утворювати комплекси з ліпідами, порушуючи тим самим проникність мембран.

Проводилися дослідження для з'ясування можливості молюсків обмежувати рух фосфору у віддалені від берега зони (на прикладі озера Гурон, США). Було висунуто припущення, що фільтраційна здатність молюсків *Dreissena polymorpha* до вловлювання потоку фосфору у прибережних районах призводить до скорочення первинної продукції у віддалених від берега акваторіях. Отримані авторами результати показали, що частка збереженого потоку фосфору зросла до 46-70% при появі дрейсен, скорочуючи тим самим надходження фосфору до основних мешканців озера. Результати дослідження підтвердили гіпотезу, що тривале скорочення вилову риби і вторинних продуцентів, включаючи *Diporeia* sp., пов'язано із зменшенням доступності фосфору для первинних продуцентів у віддалених від берега водах [35].

Висока фільтрувальна здатність молюсків *D. polymorpha* та їх спроможність вилучати надлишок фосфору, пригнічуючи тим самим розвиток синьо-зелених водоростей *Microcystis aeruginosa*, зумовлює їх позитивний вплив на якість води, про що повідомляється в роботі [43].

Культивування молюсків (мідій) розглядають також як потенційний захід, що дозволяє усунути надлишок поживних речовин безпосередньо з моря, зокрема Балтійського, особливо в прибережних евтрофних районах. Мідії вилучають азот і фосфор з водної екосистеми, споживаючи фітопланктон, що містить ці елементи. Проте є застереження, що осадження органічного матеріалу у фекаліях і псевдофекаліях нижче за течією від мідієвих ферм споживає кисень і може призвести до гіпоксії і навіть аноксії донних відкладів, викликаючи підвищене вивільнення амонію і фосфатів [47].

Порівнювали вплив донних молюсків і культивованих мідій на характеристики донних відкладів і донні потоки органічного та неорганічного азоту і фосфору в дрібних прибережних лагунах Італії. Виявлено, що два види молюсків по різному впливали на особливості донних відкладів, але обидва створювали «гарячі точки» потоків поживних речовин з річними індексами регенерації азоту в 4,5-4,9 рази і фосфору в 13,5-14,5 рази вище, ніж в контрольних осадах. Встановлено, що культивування мідій викликає значну регенерацію поживних речовин (до 25% азоту і фосфору) також у товщі води [42].

Вивчали вплив азійських молюсків *Corbicula fluminea* на властивості донних відкладів і динаміку фосфору в системі «вода-донні відклади» в озерах Китаю. Діяльність молюсків посилює рух води вниз, внаслідок чого знижується концентрація Fe^{2+} у поровій воді в процесі окиснення. Утворений гідроксид заліза адсорбує розчинний реактивний фосфор із порової води, зв'язує і збільшує його концентрацію в осадах. Поява молюсків прискорює вивільнення розчинного реактивного фосфору із відкладів у воду, і його потік зростає зі зростанням щільності популяції *Corbicula fluminea* [39].

Переважає більшість наукових джерел стосується різних аспектів впливу фосфоровмісних сполук на рибу.

Підвищена концентрація фосфору у воді стимулює розвиток молоді риби, збільшує темпи їх росту та виживання [26, 28]. Значення фосфору в життєдіяльності гідробіонтів, в тому числі і риби, детально розглянуто в монографії В. Д. Романенка та співавт. [20, 21]. Ними досліджено вплив різного рівня фосфору у водному середовищі на обмін кальцію та фосфору.

Низкою інших досліджень встановлено, що елементи фосфорного балансу в риб дуже чутливі до змін окремих параметрів середовища. Визначено шляхи проникнення фосфору в тіло риби [2, 20, 23]. Показано, що після переходу риби на активне живлення в її тіло з води потрапляє лише 1,5-3,0% фосфору, а основну його кількість вони засвоюють з їжею [26, 28]. Вивчено також шляхи виведення фосфору з організму риби [26]. Встановлено кількісні закономірності інтенсивності дихання та екскреції фосфору при стандартному та харчовому обміні у шести видів риби [7]. Найвні результати про рівень його екскреції морськими та прісноводними ракоподібними [12] і його концентрацію в тілі риби [9]. Поряд з цим, присутні окремі роботи про вплив нікелю та хрому на інтенсивність екскреції фосфору з організму риби [8, 10].

Відомо [27, 44], що риба абсорбує фосфор з води переважно зябрами та шкірою. За результатами досліджень Арсана О. М. [1], зростання вмісту фосфору у воді від 0,06 (найчастіше зустрічається у воді внутрішніх водойм) до 0,3 мг/дм³ при температурі води 20 і

25°C знижує рівень пірувату, щавлевооцтової кислоти, малату, кетоглутарату та підвищує концентрацію лактату в печінці коропа, що призводить до накопичення останнього навіть в крові. При цьому знижується також окиснювальна здатність цитоплазми клітин печінки. За температури води 30°C обидві концентрації неорганічного фосфору активують реакції трикарбонового циклу та пригнічують гліколіз в тканинах риб. Крім того, встановлено, що дія неорганічного фосфору на ці процеси залежить не лише від його концентрації та періоду адаптації, але й від температури середовища.

Крім того, згідно результатів досліджень [17] СМЗ «Десна» в концентрації 0,01-10,0 мг/дм³ не чинила негативної дії на риб, тоді як летальна концентрація через 24 год для *L. Stagnalis*, *M. macroscora* склала 100 мг/дм³ СМЗ, а для *Ac. vernalis* – 500 мг/дм³. Встановлено [18, 19], що компоненти СМЗ – триполіфосфат та сульфат натрію – порушень в життєдіяльності риб не викликають.

За даними [31], синтетичні мийні засоби в концентраціях від 0,4 до 40 мг/дм³ є гостротоксичними для риб. До чинників, які визначають їх токсичність, належить: молекулярна структура складових мийних засобів, твердість води, температура та концентрація розчиненого кисню у воді, вік і вид риби та можливість їх адаптації до низьких концентрацій мийних засобів у воді. В першу чергу, гостротоксичний ефект мийних засобів на організм риб проявляється через ураження зябер та погіршення дихання [38]. По-друге, їх токсичність підвищується при надходженні в організм. Сублетальні ефекти супроводжуються сповільненням росту риб, змінами в харчовій поведінці та гальмування хеморецепторів. При низьких рівнях мийних засобів зростає поглинання інших отруйних речовин.

В роботі [34] досліджено вплив двох видів мийних засобів, один з яких добре окиснюється, на риб. Електрофізіологічні методи та спостереження за плаванням риб та їх харчовою поведінкою дозволили виявити порушення рецепторів. При цьому дослідні риби, які зазнали дії мийних засобів, не можуть відновити свої функції навіть через 6 тижнів.

Згідно результатів досліджень [48], в яких вивчався вплив мийних засобів стічних вод (які містять лінійні алкілбензолсульфонати) та побутових мийних засобів на організм риб, встановлено респіраторні порушення, втрату рівноваги, порушення плавання і загибель риб. При цьому зазначено, що вона зростає зі збільшенням їх концентрації у воді і залежить від часу дії токсиканту. В печінці риб відмічено набряк гепатоцитів, клітинну інфільтрацію та некроз клітин. Встановлено, що мийні засоби стічних вод є високо токсичними для *Clarias gariepinus* на ранніх найбільш чутливих етапах розвитку.

Аналогічні негативні зміни відмічено і в дослідях на теплокровних тваринах. Згідно отриманих результатів [14] фосфоровмісні поверхнево-активні речовини «ТЕА синтафон-7», фосфатидилетаноламін (ФТЕА), Поліфос-124 ТМ в дозах 1/10, 1/100 ДЛ 50, що відповідно становить 390, 39, 1230, 123, 720, 72 мг/кг маси щурів в підгострому та хронічному досліді порушують окисно-відновні процеси та виснажують антиоксидантну систему тварин. Довготривала пероральна дія фосфоровмісних ПАР призводить до перерозподілу макро- та мікроелементів в організмі та супроводжується переважно підвищенням рівня К, Са, Mg, Sp, Be, Cu, Mn сироватки крові та зниженням останніх в органах та тканинах, за винятком Cu, вміст якого збільшується в серці, нирках та селезінці. Досліджувані детергенти в дозах 1/10, 1/100 ДЛ 50 знижують спорідненість до лігандів та числа місць зв'язування адреналлових, серотонінових, дофамінових, глюкокортикоїдних рецепторів в печінці, головному мозку та блокують функцію внутрішньоклітинних нейромедіаторів. Фосфоровмісні ПАР порушують баланс плазмових амінокислот, а саме сірковмісних. Динаміка фонду амінокислот засвідчила про переважання катаболічних процесів. Крім того, фосфоровмісні ПАР призводять до накопичення в організмі тварин малонового діальдегіду, дієнових кон'югатів, пероксидів, гідропероксидів, вільних радикалів та зниження вмісту SH-груп, глутатіону, вітаміну С, активності пероксидази, каталази, глутатіонпероксидази, церулоплазміну, що свідчить про виснаження антиоксидантної системи.

Висновки

Забруднення водой фосфоровмісними мийними засобами та їх вплив на живі організми залежить від складу мийних засобів, їх концентрації у воді та часу дії.

Аналіз фахової літератури показав, що результатів досліджень про вплив фосфору в складі мийних засобів на водяні організми вкрай мало. Наявні поодинокі повідомлення його впливу на планктонні та бентосні організми. Крім того, є окремі результати про негативний вплив фосфоровмісних мийних засобів на рибу, їх дихальний апарат, окремі гістологічні показники, рух та поведінку.

Отже, актуальність цієї теми є незаперечним фактом і вказує на необхідність проведення досліджень в даному напрямку.

1. Арсан О.М. Неорганический фосфор водной среды и процессы генерирования энергии у карпа / О.М. Арсан // Вторая Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии, посвящ 100-летию проблемы качества воды в России: Санкт-Петербург, ноябрь 1991 г. — Санкт-Петербург, 1991. — Т. 1. — С. 23—25.
2. Арсан О.М. Особенности функционирования основных механизмов энергообеспечения процессов акклимации рыб к абиотическим факторам водной среды: автореф. дис. ... докт. биол. наук / О.М. Арсан. — М., 1987. — 37 с.
3. Берлякова Н.И. Влияние элементарного фосфора и его галогенидов на *Daphnia magna* Straus / Н.И. Берлякова // Вопросы водной токсикологии. — М.: Наука, 1970. — С. 141—143.
4. Биотехнология культивирования гидробионтов / В.Д. Романенко, Ю.Г. Крот, Л.А. Сиренко, В.Д. Соломатина. — К.: ИГБ НАНУ, 1999. — 264 с.
5. Брагинский Л.П. Влияние синтетических моющих средств на *Daphnia magna* Straus в сочетании с их эвтрофирующим действием в водоеме / Л.П. Брагинский, Э.П. Щербань // Гидробиол. журн. — 1985. — Т. 21, № 2. — С. 69—75.
6. Брагинский Л.П. Гидробиологические проблемы установления ПДК токсических веществ в водной среде. — В кн: Научные основы установления ПДК в водной среде и самоочищение поверхностных вод / Л.П. Брагинский. — М.: Наука, 1972. — С. 12—15.
7. Гандзюра В.П. Влияние питания на экскрецию ортофосфатов рыбами / В.П. Гандзюра, И.А. Лукьянец // 8-я науч. конф. по экол. физиологии и биохимии рыб, Петрозаводск, 30 сент. — 3 окт. 1992 г.: тезисы докл. — Петрозаводск, 1992. — Т. 1. — С. 63—64.
8. Гандзюра В.П. Вплив хрому та нікелю на екскрецію фосфору рибами / В.П. Гандзюра, Ашфак Ахмад // Вісн. Київ. ун-ту. Біологія. — 1998. — Вип. 28. — С. 53—55.
9. Гандзюра В.П. Содержание фосфора в теле рыб днепровских водохранилищ / В.П. Гандзюра // Гидробиол. журн. — 1985. — Т. 21, № 6. — С. 84—87.
10. Гандзюра В.П. Фосфорный баланс у рыб при действии тяжелых металлов (Cr^{6+} , Ni^{2+}), содержащихся в водной среде / В.П. Гандзюра // Гидробиол. журн. — 2003. — Т. 39, № 5. — С. 92—100.
11. Гордеев В.В. Речной сток в океане и черты его геохимии / В.В. Гордеев. — М.: Наука, 1983. — 160 с.
12. Гутельмахер Б.Л. Скорость экскреции фосфора морскими и пресноводными ракообразными (Обзор) / Б.Л. Гутельмахер // Гидробиол. журн. — 1983. — Т. 19, № 2. — С. 13—29.
13. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты / Ю.С. Даценко. — М.: ГЕОС, 2007. — 252 с.
14. Золотаревская Л.А. Механизм биохимического действия фосфорсодержащих поверхностно-активных веществ: дис. ... канд биол. наук / Л.А. Золотаревская. — Ростов-на-Дону, 1999. — 163 с.
15. Ивлева И.В. Биологические основы массового культивирования беспозвоночных / И.В. Ивлева. — М.: Наука, 1969. — 170 с.
16. Кандюк Р.П. Влияние катионо- и анионоактивных детергентов на содержание стерина в организме черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* L. / Р.П. Кандюк // Гидробиол. журн. — 1979. — Т. XV, № 6. — С. 118—119.
17. Комаровский Ф.Я. Оценка токсичности нового СМС «Десна» для гидробионтов: Вторая всесоюз. конф по рыбохоз. токсикол., посвящ. 100-тию проблем качества воды в России / Ф.Я. Комаровский, Э.П. Щербань. — Санкт-Петербург, 1991. — Т. 1. — С. 279—280.
18. Коскова Л.А. Действие некоторых синтетических стиральных порошков на гуппи / Л.А. Коскова. — Информ. Бюл., Ин-т биологии внутр вод АН СССР, 1976. — № 32. — С. 58—61.
19. Коскова Л.А. Токсичность синтетических поверхностно-активных веществ и моющих средств для водных животных (обзор) / Л.А. Коскова, В.И. Козловская // Гидробиол. журн. — 1979. — Т. XV, № 1. — С. 77—84.

20. Романенко В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — К.: Наук. думка, 1982. — 152 с.
21. Романенко В.Д. Механизмы температурной акклимации рыб / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — К.: Наук. думка, 1991. — 162 с.
22. Савенко В.С. Сток фосфора в составе взвешенных наносов / В.С. Савенко // Водные ресурсы. — 1999. — Т. 26, № 1. — С. 48—54.
23. Соломатина В.Д. Влияние CO₂ водной среды на обмен фосфорных соединений у карповых рыб / В.Д. Соломатина // Экологическая физиология рыб, 3-я Всесоюз. конф.: тез. докл. (Киев, ноябрь 1976 г.). — Киев: Наук. думка, 1976. — С. 66.
24. Токсичность для гидробионтов и деградация синтетических поверхностно-активных веществ в пресных водах / Л.П. Брагинский, В.Д. Бескаравайная, И.Л. Буртная [и др.]. — 1983. — 231 с. — Рукопись деп. ВИНТИ № 3246-83 Деп.
25. Харитонова Н.Н. Биологические основы интенсификации прудового рыбоводства. — К.: Наук. думка, 1984. — 196 с.
26. Шеханова И.А. Изучение фосфорного обмена у молоди карповых и осетровых рыб с применением радиоактивного фосфора / И.А. Шеханова. — М.: ВНИРО. — 1959. — С. 6—12.
27. Шеханова И.А. Некоторые вопросы фосфорного обмена у рыб / И.А. Шеханова // Тр. ВНИРО. — 1961. — Т. 44. — С. 66—77.
28. Шеханова И.А. Радиоэкология рыб / И.А. Шеханова. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 208 с.
29. Щербань Э.П. Токсичность некоторых поверхностно-активных веществ для *D. magna*. / Э.П. Щербань // Гидробиол. журн. — 1979. — Т. 15, № 3. — С. 69—74.
30. Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод / под ред. К. Я. Кондратьева, И.С. Коплан-Дикса. — Л.: Наука, 1988. — 204 с.
31. Abel P.D. Toxicity of synthetic detergents to fish and aquatic invertebrates / P.D. Abel // Journal of Fish Biology. — 1974. — Vol. 6, Issue 3. — P. 279—298.
32. Anionic detergents in *Mytilus galloprovincialis* of gulf of Naples / G. Sansone, U. Gallone, L. Rossi, G. Biondi // Boll. Soc. Ital. Sper. — 1979. — Vol. 55, N 19. — P. 2031—2035.
33. Banerji Shankha K. Detergents / K. Banerji Shankha // J. Water Pollut. Contr. Fed. — 1974. — Vol. 46, N 6. — P. 1140—1145.
34. Bardach J.E. Detergents; effects on the chemical senses of the fish *Ictalurus natalis* (Le sueur) / J.E. Bardach, M. Fujiya, A. Holl // Science. — 1965. — Vol. 148. — P. 1605—1607.
35. Do invasive mussels restrict offshore phosphorus transport in Lake Huron? / Y. Cha, C.A. Stow, T.F. Nalepa, K.H. Rechhow // Environ. Sci. Technol. — 2011. — Vol. 45, N 17. — P. 7226—7231.
36. Effect of marine pollutants on the acid DNase activity in the hemocytes and digestive gland of the mussel *Mytilus galloprovincialis* / M. Fafandel, N. Bihari, L. Perić, A. Cenov // Aquat. Toxicol. — 2008. — Vol. 86, N 4. — P. 508—513.
37. Effects of algal feed on fecundity and population growth rates of *Daphnia* / Kilham Susan S., Kreeger Daniel A., Goulden Clyde E., Lynn Scott G. // Freshwater Biol. — 1997. — Vol. 38, №3. — P. 639—647.
38. Hazari L. Effect of syntetic detergents on some of the behavioral patterns of fish fingerlings (*Cirrhina mrigala*) and its relation to ecotoxicology / L. Hazari, M. Virendra // Bull. Environ. Contam. Toxicol. — 1984. — Vol. 32. — P. 109—115.
39. Impacts of Asian clams (*Corbicula fluminea*) on lake sediment properties and phosphorus movement / L. Zhang, X. Z. Gu, H. Y. Hu, J. C. Zhong // Huan Jing Ke Xue. — 2011. — Vol. 32, N 1. — P. 88—95.
40. Kroes H.W. Replacement of phosphates in detergents / H.W. Kroes // Hydrobiol. Bull. — 1980. — Vol. 14, N 1-2. — P. 90—93.
41. Murphy C.B. Jr. Effect of restricted use of phosphate based detergents on Onondaga Lake / C.B. Jr. Murphy // Science. — 1973. — Vol. 182, N 4110. — P. 379—381.
42. Nizzoli D. Seasonal nitrogen and phosphorus dynamics during benthic clam and suspended mussel cultivation / D. Nizzoli, D. T. Welsh, P. Viaroli // Mar. Pollut. Bull. — 2011. — Vol. 62, N 6. — P. 1276—87.
43. Phosphorus addition reverses the positive effect of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on the toxic cyanobacterium, *Microcystis aeruginosa* / O. Sarnelle, J. D. White, G. P. Horst, S. K. Hamilton // Water Res. — 2012. — Vol. 46, N. 11. — P. 3471—3478.
44. Phosphorus uptake from water by *Tilapia Zillii* (Gervais) / A. Ai-Kholy, M.M. Ishak, I.A. Joseff, S.R. Khalil // Hydrobiologia. — 1970. — Vol. 36, N 34. — P. 471—478.
45. Prat J. The pollution of water by detergents / J. Prat, A. Girand. — Paris, 1964. — 86 p.
46. Sommer U. Phosphorus-limited *Daphnia*: intraspecific facilitation instead of competition / U. Sommer // Limnol. and Oceanogr. — 1992. — Vol. 37, № 5. — P. 966—973.

47. Stadmark J. Mussel farming as a nutrient reduction measure in the Baltic Sea: consideration of nutrient biogeochemical cycles / J. Stadmark, D.J. Conley // Mar. Pollut. Bull. — 2011. — Vol. 62, N 7. — P. 1385—1388.
48. Toxicological impact of detergent effluent on juvenile of African Catfish (*Clarias gariepinus*) / M.A. Ogundiran, O. O. Fawole, S. O. Adewoye, T. A. Ayandiran // Agric. Biol. J. N. Am. — 2010. — Vol. 1, N 3. — P. 330—342.

*М.О. Савлучинська, Л.О. Горбатюк, О.М. Платонов, О.О. Пасічна, С.П. Бурмістренко,
И.Г. Кукля, Н.М. Каглян, О.М. Арсан*
Институт гидробиологии НАН Украины

ФОСФОР МОЮЩИХ СРЕДСТВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ (ОБЗОР)

В обзорной статье обобщены литературные данные о влиянии фосфора, в том числе и в составе моющих средств, на гидробионтов. Рассмотрены результаты влияния фосфора на некоторые физиолого-биохимические показатели водных животных, а также их роль в регенераций и круговороте фосфора в водных экосистемах.

Ключевые слова: фосфор, триполифосфат натрия, фосфаты, синтетические моющие средства, дафнии, моллюски, рыба

*М.О. Savluchinska, L.O. Gorbatyuk, M.O. Platonov, O.O. Pasichna, S.P. Burmistrenko, I.G. Kukla,
N.M. Kaglan, O.M. Arsan*
Ukraine Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS FROM DETERGENTS ON AQUATIC ANIMALS (a review)

The recent literature data on the influence of phosphorus, including as part of detergents on aquatic organisms has been generalized in a review article. The effects of phosphorus on some physiological and biochemical indices of aquatic animals has been considered. The role of some of them in regeneration and circulation of phosphorus in aquatic ecosystems was analyzed.

Keywords: phosphorus, sodium tripolyphosphate, phosphates, detergents, daphnia, clams, fish

Рекомендує до друку

Надійшла 24.05.2013

В.З. Курант