

DOI <https://doi.org/10.32782/geotech2022.36.02>

УДК 504.054 (477)

Орлов О.О., Долін В.В., Чарний Д.В., Ярошук Д.О.

Орлов О.О., кандидат біологічних наук, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», ORCID: 0000-0003-2923-5324, orlov.botany@gmail.com

Долін В.В., доктор геологічних наук, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», ORCID: 0000-0001-6174-2962, vdolin@ukr.net

Чарний Д.В., доктор технічних наук, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», ORCID: 0000-0001-6150-6433, dmitriyich10@gmail.com

Ярошук Д.О., Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», ORCID: 0000-0003-0190-8611

ОЧЕРЕТ ПІВДЕННИЙ (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEUD.) ЯК БІОАКУМУЛЯТОР FE, MN, CU НА БІОІНЖЕНЕРНИХ СПОРУДАХ ПОЛТАВСЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Метою дослідження була оцінка загальної фітомаси очерету на одиницю площі кожної біоінженерної споруди (БІС), її розподіл між надземною та підземною частинами, біологічне поглинання низки важких металів (Fe, Mn, Cu) фітомасою очерету загалом і його окремими органами. Об'єктами дослідження були біогеоценози очерету, а предметом – фітомаса очерету на одиницю площі та концентрація важких металів (Fe, Mn, Cu) у його органах на кожній біоінженерній споруді. Дослідження проведено в липні 2021 року на території шести біоінженерних споруд Полтавського гірничо-збагачувального комбінату, куди закачуються освітлені стічні води. На кожній біоінженерній споруді закладали 5 облікових ділянок, де рахували кількість особин очерету, кількість пагонів, відбирали зразки органів. Розрахунки фітомаси очерету проводили в межах кожної біоінженерної споруди: для одного пагона; однієї особини; заростей очерету на одиниці площі (м^2 , га). Вміст важких металів в органах очерету визначено після озолення за температури 300°C , методом емісійного спектрального аналізу за допомогою спектрографа ІСП-28.

Продемонстровано, що на всіх біоінженерних спорудах очерет характеризувався значною надземною фітомасою ($\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$): БІС-1-А – 11,1; БІС-1-Б – 9,2; БІС-2 – 10,6; БІС-3 – 29,7; БІС-4 – 15,4; БІС-5 – 13,8. Підземна фітомаса очерету значно перевищувала надземну ($\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$): БІС-1-А – 55,4; БІС-1-Б – 50,2; БІС-2 – 72,5; БІС-3 – 232,8; БІС-4 – 106,5; БІС-5 – 79,0. Частка підземної та надземної фітомаси в очереті становила: на БІС-1-А – 83,3 та 16,7%; БІС-1-Б – 84,5 і 15,5%; БІС-2 – 87,2 і 12,8%; БІС-3 – 88,7 і 11,3%; БІС-4 – 87,4 та 12,6%; БІС-5 – 85,1 та 14,9% відповідно.

На всіх біоінженерних спорудах спостерігалася загальна закономірність – значно вищий вміст Fe в підземних органах, ніж у надземних. Діапазон вмісту Fe на різних біоінженерних спорудах становив ($\text{мкг}\cdot\text{кг}^{-1}$): стебла – 143 ± 13 – 225 ± 20 ; листя – 529 ± 50 – 1000 ± 95 ; суцвіття – 67 ± 7 – 273 ± 30 ; кореневища з коренями – 3584 ± 342 – 6700 ± 655 . Ранжований ряд органів очерету за вмістом Fe мав такий вигляд: корені > листя > суцвіття > стебло. Діапазон вмісту Mn на різних біоінженерних спорудах становив ($\text{мкг}\cdot\text{кг}^{-1}$): стебла – 14 ± 1 – 100 ± 10 ; листя – 75 ± 8 – 385 ± 35 ; суцвіття – 13 ± 1 – 96 ± 10 ; кореневища з коренями – 137 ± 13 – 700 ± 63 . Ранжований ряд органів очерету за вмістом Mn є аналогічним такому для Fe. Середній вміст Cu в органах очерету був на порядок меншим у порівнянні з Mn і на два-три порядки меншим порівняно з Fe. Діапазон вмісту Cu на різних біоінженерних спорудах становив ($\text{мкг}\cdot\text{кг}^{-1}$): стебла – $3 \pm 0,2$ – $7 \pm 0,7$; листя – $2 \pm 0,2$ – $8 \pm 0,8$; суцвіття – $4 \pm 0,4$ – $9 \pm 0,9$; кореневища з коренями – $5 \pm 0,5$ – $23 \pm 2,5$. Зроблено висновок, що підземна фітомаса очерету – багаторічні кореневища з коренями – має визначальний вплив на акумуляцію всіх досліджених важких металів у загальній фітомасі очерету.

Ключові слова: очерет, органи рослини, фітомаса надземна, фітомаса підземна, Fe, Mn, Cu, вміст важких металів.

Вступ. Біогеоценози розташовані на території Полтавського гірничо-збагачувального комбінату (далі – ГЗК), у штучних wetlands біоінженерних споруд (далі – БІС). Їхнє ложе заповнене амфіболітовим щебенем фракції 50–80 мм. Через БІС прокачуються мінералізовані освітлені води, які профільтрувались через дамбу хвостосховища у дренажний канал, рівень води – від 0 до -2 – -5 см від денної поверхні. Проектні витрати води на БІС становлять 70 тис. $\text{м}^3\cdot\text{добу}^{-1}$, але фактичні витрати сильно варіюють. На картах БІС

був штучно висаджений очерет південний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud.) (далі – очерет), який сформував практично моновидові зарості, асоціації *Phragmitetum australis* Savič 1926. Улітку 2020 р. на частині БІС було проведено суцільне косіння очерету (БІС-2, БІС-3, БІС-4). Біологічне очищення води від важких металів відбувається переважно мікробоценозом у ризосферній зоні очерету та на поверхні щебеня субстратів, менше значення має біоакумуляція важких металів фітомасою очерету. Становить інтерес

формування фітомаси, біологічне поглинання очеретом важких металів, їх розподіл за органами рослини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними [2; 7; 8], у помірних широтах надземна фітомаса очерету значно коливається залежно від умов місцезростання – від 5 до 57 т/га. Співвідношення в очерету фітомаси листя до стебел дорівнює 0,30 до 12,4, що свідчить про значне переважання в надземній фітомасі саме стебел. Дослідниками [3; 5] показано, що в загальній фітомасі очерету переважає підземна фітомаса – кореневища з коренями, надземна фітомаса є в 5–7 разів меншою. Продемонстровано [1], що очерет південний має виражену здатність до запасання значної кількості елементів живлення в листі та тканинах кореневищ: азоту – 12,33 мг·г⁻¹, фосфору – 1,52 мг·г⁻¹, калію – 13,92 мг·г⁻¹; інших елементів: натрію – 0,71 мг·г⁻¹; кальцію – 2,78 мг·г⁻¹; магнію – 0,67 мг·г⁻¹; заліза – 0,17 мг·г⁻¹; марганцю – 0,13 мг·г⁻¹. Дослідниками [4] хімічні елементи за характером сезонної динаміки у фітомасі очерету поділено на 2 групи: 1 – N, P, K, S, Cl, Cu, вміст яких зменшується протягом вегетації – з весни до осені; 2 – Ca, Mg, Na, Fe, Mn, вміст яких збільшується з весни до осені.

Мета дослідження. Метою дослідження була оцінка загальної фітомаси очерету на одиниці площі кожної БІС, її розподіл між надземною та підземною частинами, біологічне поглинання низки важких металів (Fe, Mn, Cu) фітомасою очерету загалом і його окремими органами.

Об'єкти та методи дослідження. Об'єктом досліджень були біогеоценози очерету, а предметом – фітомаса очерету на одиниці площі та концентрація важких металів (Fe, Mn, Cu) у його органах на кожній БІС.

Дослідження проведено в липні 2021 р. на території шести карт БІС Полтавського ГЗК, куди закачуються освітлені стічні води. На кожній БІС закладали 5 облікових ділянок, площею 1 м² кожна, де рахували кількість особин очерету та кількість пагонів. З кожної облікової ділянки зрізали по 5 генеративних пагонів очерету. Фітомасу кожного пагона розділяли на стебло, листки, суцвіття. На одній обліковій ділянці на кожній БІС розкопували всі яруси кореневищ та відбирали їх зразки. Зразки органів очерету етикетували та пакували в поліетиленові пакети. У лабораторних умовах фітомасу органів очерету поверхнево відмивали, подрібнювали на шматочки 3–5 см завдовжки та висушували в сушильній шафі до повітряно сухої маси за температури 80°C протягом 72 год. Після висушування зразки зважували на вагах лабораторних ВЛТ-200. Розрахунки фітомаси очерету проводили в межах кожної БІС: для одного пагона; однієї особини; заростей очерету на одиниці площі (м², га). Вміст важких металів в органах очерету визначено в лабораторії спектрального аналізу Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України: після озолення за температури 300°C, методом емісійного спектрального аналізу за допомогою спектрографа ICP-28. Межі чутливості: для Cu, Mn – 0,0001 мг·кг⁻¹; Fe – 0,001 мг·кг⁻¹. Для всіх досліджених параметрів розраховано прості статистики за [6].

Виклад основного матеріалу дослідження. На всіх БІС виявлено переважання підземної фітомаси

в загальній фітомасі особин очерету, що добре корелює з раніше опублікованими даними [3; 5]. Зокрема, на БІС-1-А підземна, надземна та загальна фітомаса дорівнювали 988,52, 198,18 і 1 186,70 г·м⁻² відповідно; БІС-1-Б – 837,37, 153,69 та 990,97 г; БІС-2 – 883,96, 129,76 і 1 013,72 г; БІС-3 – 1 088,08, 138,62 та 1 226,70 г; БІС-4 – 700,65, 101,01 та 801,66 г; БІС-5 – 1 361,94, 238,46 і 1 600,40 г відповідно. Виявлено, що на тих БІС, де не проводили косіння фітомаси, загальна фітомаса особин очерету була значно більшою порівняно з тими БІС, де косіння проводили (БІС-2, БІС-3, БІС-4), що свідчить про деяке виснаження особин очерету після проведення згаданого заходу. Розподіл загальної фітомаси особин очерету на надземну та підземну на різних БІС наведено нижче (рис. 1). Однак на фітомасу очерету на кожній БІС також істотно впливають такі параметри, як кількість особин очерету та кількість його пагонів на одиниці площі БІС. Показано, що на БІС, де косіння не проводили, кількість особин (шт.·м⁻²) і кількість пагонів (шт.·м⁻²) дорівнювали: на БІС-1-А – 6 ± 0,9 та 19 ± 1,2 відповідно; БІС-1-Б – 6 ± 0,4 та 19 ± 1,0; БІС-5 – 6 ± 0,4 та 51 ± 3,7; на БІС, де очерет косили: БІС-2 – 8 ± 0,7 та 57 ± 2,6; БІС-3 – 21 ± 1,6 та 62 ± 2,6; БІС-4 – 15 ± 1,6 та 94 ± 4,3 відповідно. Отже, продемонстровано, що ці показники є значно більшими на БІС, де проводили косіння, – унаслідок підсилення вегетативного розмноження виду шляхом формування додаткових горизонтальних кореневищ, а на їх закінченнях – нових парціальних кущів (особин) очерету.

За наявності таких вхідних параметрів, як середня кількість пагонів очерету на 1 м² та середня маса одного генеративного пагона, можна розрахувати надземну фітомасу очерету на одиниці площі. Виявлено, що на всіх БІС очерет характеризувався значною надземною фітомасою (т·га⁻¹): БІС-1-А – 11,1; БІС-1-Б – 9,2; БІС-2 – 10,6; БІС-3 – 29,7; БІС-4 – 15,4; БІС-5 – 13,8, що добре узгоджується з даними інших дослідників [2; 7]. Підземна фітомаса очерету значно перевищувала надземну (т·га⁻¹): БІС-1-А – 55,4; БІС-1-Б – 50,2; БІС-2 – 72,5; БІС-3 – 232,8; БІС-4 – 106,5; БІС-5 – 79,0, це у відсотках представлено на рис. 1.

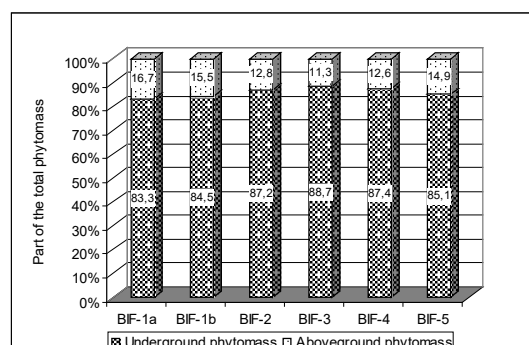


Рис. 1. Розподіл загальної фітомаси особин очерету на надземну та підземну частини на різних біоінженерних спорудах (БІС)

Fig. 1. Distribution of the total phytomass of reed individuals on aboveground and underground parts on different bio-engineering facilities (BIF)

Акумуляція кожного з досліджених важких металів очеретом на конкретних БІС визначалася низкою чинників: величиною загальної фітомаси очерету на одиниці площі; її розподілом за органами; концентрацією конкретного важкого металу у воді, яка надходить до БІС; затриманням металу субстратом із мікробіоценозом включно; інтенсивністю акумуляції конкретного важкого металу в органах очерету; швидкістю біогенної деструкції фітомаси очерету; співвідношенням акумуляції у фітомасі очерету та повернення до субстрату якогось важкого металу, накопиченого фітомасою.

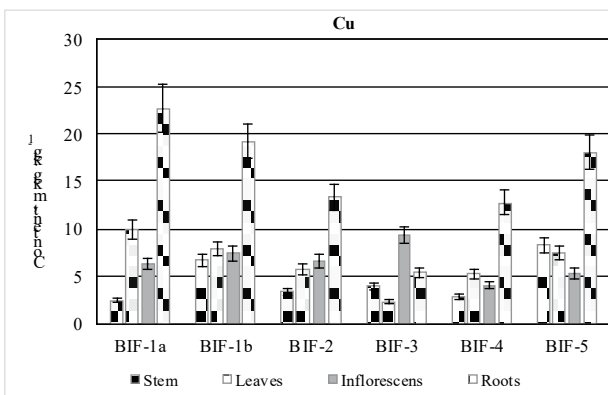
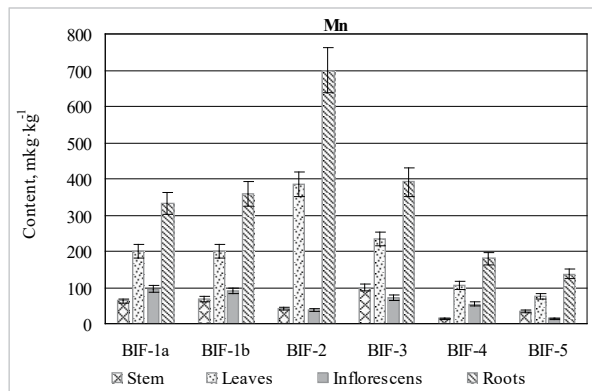
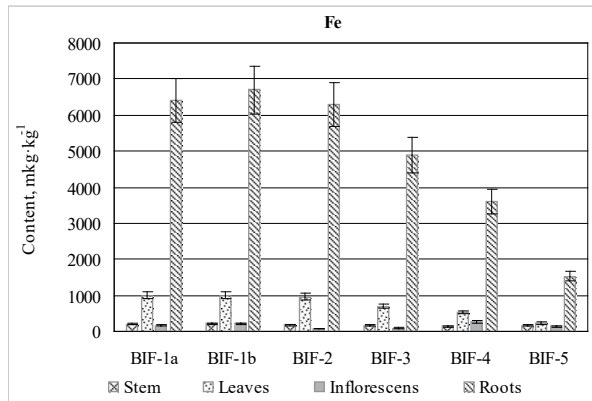


Рис. 2. Середній вміст важких металів в органах очерету на різних біоінженерних спорудах (БІС)

Fig. 2. Average content of heavy metals in organs of reed on different bioengineering facilities (BIFs)

З метою біогеохімічної оцінки ролі очерету в затриманні важких металів на кожній БІС було вивчено вміст Fe, Mn, Cu на одиницю маси органів очерету (рис. 2).

Результати аналізів продемонстрували, що на всіх БІС спостерігалася загальна закономірність – вміст Fe в підземних органах значно вищий, ніж у надземних. Діапазон вмісту Fe на різних БІС такий (мкг·кг⁻¹): стебла – 143 ± 13 – 225 ± 20 ; листя – 529 ± 50 – $1\ 000 \pm 95$; суцвіття – 67 ± 7 – 273 ± 30 ; кореневища з коренями – $3\ 584 \pm 342$ – $6\ 700 \pm 655$. Ранжований ряд органів очерету за вмістом Fe зазвичай має такий вигляд: корені > листя > суцвіття > стебло. Причому листя завжди стоїть на другому місці, а суцвіття на частині БІС поступаються стеблам (БІС-2, БІС-3, БІС-5). Різниця вмісту Fe в підземній фітомасі та листі сягає: на БІС-1-А – 6,4 раз; БІС-1-Б – 6,7 раз; БІС-2 – 6,5 раз; БІС-3 – 7,0 раз; БІС-4 – 6,8 раз; БІС-5 – 6,8 раз.

Виявлено, що вміст Mn в органах очерету на всіх БІС був значно нижчим (у 2–10 разів), ніж у Fe, однак спостерігалася подібна до Fe загальна закономірність – вміст Mn в підземних органах був вищий, ніж у надземних. Діапазон вмісту Mn на різних БІС становив (мкг·кг⁻¹): стебла – 14 ± 1 – 100 ± 10 ; листя – 75 ± 8 – 385 ± 35 ; суцвіття – 13 ± 1 – 96 ± 10 ; кореневища з коренями – 137 ± 13 – 700 ± 63 . Ранжований ряд органів очерету за вмістом Mn зазвичай є аналогічним такому для Fe, він має такий вигляд: корені > листя > суцвіття > стебло. Листя також завжди стоїть на другому місці, а суцвіття на частині БІС поступаються стеблам (БІС-2, БІС-3, БІС-5). Різниця вмісту Mn у підземній фітомасі та листі сягає: на БІС-1-А – 1,7 раз; БІС-1-Б – 1,8 раз; БІС-2 – 1,8 раз; БІС-3 – 1,7 раз; БІС-4 – 1,7 раз; БІС-5 – 1,8 раз.

Аналіз вмісту в різних органах очерету такого високотоксичного металу, як Cu, становить значний практичний інтерес (рис. 2). Загалом, варто відзначити на порядок менші значення середнього вмісту Cu у всіх органах очерету порівняно з Mn і на два порядки менші порівняно з Fe. Діапазон вмісту Cu на різних БІС становив (мкг·кг⁻¹): стебла – $3 \pm 0,2$ – $7 \pm 0,7$; листя – $2 \pm 0,2$ – $8 \pm 0,8$; суцвіття – $4 \pm 0,4$ – $9 \pm 0,9$; кореневища з коренями – $5 \pm 0,5$ – $23 \pm 2,5$. Аналіз даних на рис. 2 демонструє різноманітність ранжованих рядів органів очерету за вмістом Cu. Зокрема, на БІС-1-А, БІС-1-Б, БІС-4 ранжований ряд органів очерету за вмістом Cu був таким: корені > листя > суцвіття > стебло. На БІС-2 ранжований ряд був таким: корені > суцвіття > листя > стебло; на БІС-3: суцвіття > корені > стебло > листя; на БІС-5: корені > стебло > листя > суцвіття.

Наведене вище дозволяє стверджувати, що підземна фітомаса очерету – багаторічні кореневища з коренями – має визначальний вплив на акумуляцію всіх досліджених важких металів фітомасою очерету.

З огляду на те, що максимальні концентрації важких металів є характерними для підземної фітомаси очерету, а також те, що в даного виду переважає підземна фітомаса, валовий запас важких металів зосереджений саме в ній, що потребує детальних досліджень на кількісному рівні.

Пілотні дослідження 2021 р. показали, що найбільшим запасом Fe в підземних органах на одиниці площі характеризувалася БІС-3 – 114 096 мкг·м⁻², а найменшим БІС-5 – 12 086 мкг·м⁻²; запас Mn у підземних органах на одиниці площі був максимальним на БІС-3 – 9 128 мкг·м⁻², а мінімальним на БІС-5 – 1 084 мкг·м⁻²; запас Cu у підземних органах на одиниці площі був максимальним на БІС-4 – 136 мкг·м⁻², а мінімальним на БІС-1-Б і БІС-2 – 96 мкг·м⁻². Розрахунки продемонстрували, що в загальній фітомасі очерету частка валового запасу важких металів у підземній фітомасі коливалася в межах: Fe – 98,0–99,2%, Mn – 94,1–97,5%, Cu – 91,6–96,2%.

Висновки. 1. Виявлено, що на тих БІС, де не проводили косіння фітомаси (БІС-1-А, БІС-1-Б, БІС-5), загальна фітомаса середньої особини очерету була значно більшою порівняно з тими БІС, де косіння проводили (БІС-2, БІС-3, БІС-4), що свідчить про деяке виснаження особин очерету внаслідок проведення згаданого заходу.

2. Продемонстровано, що кількість особин (шт.·м⁻²) і кількість пагонів (шт.·м⁻²) є значно більшими на БІС, де проводили косіння, – переважно завдяки активізації вегетативного розмноження очерету шляхом формування додаткових горизонтальних кореневищ, а на їх закінченнях – нових парціальних кущів (особин) рослини.

3. Показано, що на всіх БІС очерет характеризувався значною надземною фітомасою (т·га⁻¹): БІС-1-А – 11,1; БІС-1-Б – 9,2; БІС-2 – 10,6; БІС-3 – 29,7; БІС-4 – 15,4; БІС-5 – 13,8.

4. Підземна фітомаса очерету значно перевищувала надземну (т·га⁻¹): БІС-1-А – 55,4; БІС-1-Б – 50,2; БІС-2 – 72,5; БІС-3 – 232,8; БІС-4 – 106,5; БІС-5 – 79,0.

4. Розрахунки показали, що в загальній фітомасі очерету частка підземної фітомаси коливалася в межах 83,3–88,7%, а надземної – 11,3–16,7%.

5. На всіх БІС спостерігалася загальна закономірність – значно вищий вміст Fe в підземних органах, ніж у надземних. Діапазон вмісту Fe на різних БІС становив (мкг·кг⁻¹): стебла – 143 ± 13 – кореневища з коренями – 3 584 ± 342–6 700 ± 655. Ранжований ряд органів очерету за вмістом Fe має такий вигляд: корені > листя > суцвіття > стебло.

6. Виявлено, що вміст Mn в органах очерету на всіх БІС був значно нижчим (у 2–10 разів), ніж у Fe, спостерігалася подібна до Fe загальна закономірність – вміст Mn в підземних органах був вищий, ніж у надземних. Діапазон вмісту Mn на різних БІС такий (мкг·кг⁻¹): стебла – 14 ± 1 – кореневища з коренями – 137 ± 13–700 ± 63. Ранжований ряд органів очерету за вмістом Mn зазвичай є аналогічним такому для Fe.

7. Середній вміст Cu в органах очерету був на порядок менший порівняно з Mn і на два-три порядки меншим порівняно з Fe. Діапазон вмісту Cu на різних БІС такий (мкг·кг⁻¹): листя – 2 ± 0,2 – кореневища з коренями – 5 ± 0,5–23 ± 2,5. На різних БІС спостерігалася різноманітність ранжованих рядів органів очерету за вмістом Cu.

8. Підземна фітомаса очерету – багаторічні кореневища з коренями – має визначальний вплив на акумуляцію всіх досліджених важких металів фітомасою очерету. Для Fe її частка дорівнює 98,0–99,2%, Mn – 94,1–97,5%, Cu – 91,6–96,2%.

Перспективи подальших досліджень

У цьому дослідженні коротко наведено загальну фітомасу очерету та її розподіл між надземною та підземною фітомасою на кожній БІС. За наявності концентрації Fe, Mn, Cu у всіх органах очерету, об'єднавши їх з даними відповідних фітомас, можна отримати валовий запас згаданих важких металів у фітоценозі очерету на кожній БІС, а також її розподіл між надземною та підземною фітомасою. Важливим також є розрахунок коефіцієнта біологічного поглинання очеретом цих металів зі щербеного субстрату, а також стічних вод.

Література

1. Auclair A.N.D. Factors affecting tissue nutrient concentrations in a Scirpus-Equisetum wetland. *Ecology*. 1979. № 60. P. 337–348.
2. Björk S. Ecological investigations of Phragmites communis: studies in theoretic and applied limnology. *Folia Limnol. Scand.* 1967. № 14. P. 1–248.
3. Dykyjova D., Hradecka D. Production ecology of Phragmites communis. 1. Relation of two ecotypes to the microclimate and nutrient conditions of habitat. *Folia geobotanica and phytotaxonomica*. 1976. № 11 (1). P. 23–61.
4. Hocking P. Seasonal dynamics of production, and nutrient accumulation and cycling by Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stuedel in a nutrient-enriched swamp in inland Australia. II. Individual shoots. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 1989. № 40. P. 445–464.
5. Husak S. Control of reed and reed mace by cutting. *Pond and littoral ecosystems*. 1978. № 14. P. 404–408.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1973. 293 с.
7. The accumulation and distribution of metals in water, sediment, aquatic macrophytes and fishes of the Gruža Reservoir, Serbia / A. Milošковић et al. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013. DOI: 10.1007/s00128-013-0969-8.
8. Packer J.G. Phragmites australis. Biological flora of British Isles. *Journal of Ecology*. 2017. № 105. P. 1123–1162.

References

1. Auclair, A.N.D. (1979), Factors affecting tissue nutrient concentrations in a Scirpus-Equisetum wetland. *Ecology*, 60: 337–348.
2. Björk, S. (1967), Ecological investigations of Phragmites communis: studies in theoretic and applied limnology. *Folia Limnol. Scand.*, 14: 1–248.
3. Dykyjova, D., Hradecka, D. (1976), Production ecology of Phragmites communis. 1. Relation of two ecotypes to the microclimate and nutrient conditions of habitat. *Folia geobotanica and phytotaxonomica*, 11 (1): 23–61.
4. Hocking, P. (1989), Seasonal dynamics of production, and nutrient accumulation and cycling by Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stuedel in a nutrient-enriched swamp in inland Australia. II. Individual shoots. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 40: 445–464.
5. Husak, S. (1978), Control of reed and reed mace by cutting. *Pond and littoral ecosystems*, 14: 404–408.
6. Lakin, G.F. (1973), Biometry. M.: Higher School, 348 p.
7. Milošковић A., Branković S., Simić V., Kovačević S., Cirković M., Manojlović D. (2013), Serbia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. DOI:10.1007/s00128-013-0969-8.
8. Packer, J.G. (2017), Phragmites australis. Biological flora of British Isles. *Journal of Ecology*, 105: 1123–1162.

COMMON REED (*PHRAGMITES AUSTRALIS* (CAV.) TRIN. EX STEUD.) AS BIOACCUMULATOR OF FE, MN, CU ON BIO-ENGINEERING FACILITIES OF POLTAVSKY MINING AND PROCESSING PLANT

Orlov O.O., Dolin V.V., Charny D.V., Yarochshuk D.O.

Orlov O.O., PhD (Biology), State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0003-2923-5324, orlov.botany@gmail.com

Dolin V.V., D. Sc. (Geology), State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0001-6174-2962, vdolin@ukr.net

Charny D.V., D. Sc. (Engineering), State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0001-6150-6433, dmitriych10@gmail.com

Yarochshuk D.O., State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”, ORCID: 0000-0003-0190-8611

The goal of this study was evaluation of the total phytomass of reed per unit of square on each bio-engineering facilities (BIF), its distribution between aboveground and underground parts, biological uptake of some heavy metals (Fe, Mn, Cu) by the total reed phytomass and its separate organs. Objects of research were: reed biogeocenoses; subject of study – reed phytomass per square unit and content of heavy metals (Fe, Mn, Cu) in reed organs each BIF. Study was conducted in July 2021 on the territory of six BIF of Poltavsky Mining and Processing Plant, where clarified waste waters are pumped up. On each BIF 5 experimental plots were established, where number of reed's individuals, number of shoots per square unit were calculated and samples of reed's organs were collected. Calculation of reed's phytomass were conducted for each BIF: for 1 shoot, 1 individual, thickets of reed per square unit (m², ha). Content of heavy metals were measured after ashing at temperature 300°C, by the method of emissive spectrum analysis on spectrograph ICP-28. It was shown that on all BIF reed was characterized by significant aboveground phytomass (t·ha⁻¹): BIF-1a – 11,1; BIF-1b – 9,2; BIF-2 – 10,6; BIF-3 – 29,7; BIF-4 – 15,4; BIF-5 – 13,8. Values of underground phytomass significantly exceeded aboveground one (t·ha⁻¹): BIF-1a – 55,4; BIF-1b – 50,2; BIF-2 – 72,5; BIF-3 – 232,8; BIF-4 – 106,5; BIF-5 – 79,0. The parts of underground and aboveground phytomass of reed were: on BIF-1a – 83,3 and 16,7%; BIF-1b – 84,5 and 15,5%; BIF-2 – 87,2 and 12,8%; BIF-3 – 88,7 and 11,3%; BIF-4 – 87,4 and 12,6%; BIF-5 – 85,1 and 14,9% respectively. On all BIF general regularity was observed – significantly higher Fe content in underground organs than in aboveground ones. Range of Fe content on different BIF were (mkg·kg⁻¹): stems – 143 ± 13–225 ± 20; leaves – 529 ± 50–1 000 ± 95; inflorescens – 67 ± 7–273 ± 30; rhizomes with roots – 3 584 ± 342–6 700 ± 655. Ranged row of reed organs according with Fe content was: rhizomes with roots > leaves > inflorescens > stems. Range of Mn content on different BIF were (mkg·kg⁻¹): stems – 14 ± 1–100 ± 10; leaves – 75 ± 8–385 ± 35; inflorescens – 13 ± 1–96 ± 10; rhizomes with roots – 137 ± 13–700 ± 63. Ranged row of reed organs according with Mn content, as a rule, was the same as for Fe. Average Cu content in reed's organs was approximately in 10 times less in comparison with Mn, and in 100-1000 times less in comparison with Fe. Range of Cu content on different BIF were (mkg·kg⁻¹): stems – 3 ± 0,2–7 ± 0,7; leaves – 2 ± 0,2–8 ± 0,8; inflorescens – 4 ± 0,4–9 ± 0,9; rhizomes with roots – 5 ± 0,5–23 ± 2,5. It was made a conclusion that underground phytomass of reed – multiyear rhizomes with roots – has determining influence on accumulation of all investigated heavy metals by reed.

Key words: reed, plant organs, aboveground phytomass, underground phytomass, Fe, Mn, Cu, heavy metal content.