

УДК 550.7:553.43(477.8)

**САПРОПЕЛЕВІ МУЛИ ПОЛІССЯ
(НА ПРИКЛАДІ ШАЦЬКИХ ОЗЕР)**

В. Хмелівський, В. Баранов, О. Костюк

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: Kostyuk_O@rambler.ru*

Детально досліджено біогеохімічний склад сапропелевих мулів Шацьких озер. Вивчено вміст у них органічних речовин, аміачної, нітратної й нітритної форм азоту, неорганічного фосфору, аскорбінової кислоти і 34 хімічних елементів, серед яких такі дуже важливі для росту й метаболізму рослин, як Мо, Zn, В, Mn, Cr, Ni та ін. Виявлено високу збагаченість органічної речовини мікроелементами. Імовірно, біос озер чинить енергійний біохімічний вплив на мінеральну частину донних осадів та інтенсивно розкладає навіть дуже стійкі до звітрювання мінерали, зокрема, акцесорні, з яких вилучає й засвоює головну частину мікроелементів. Виконані групою “Шельф” польові дослідження засвідчили, що внесення сапропелів у ґрунти значно збільшує врожайність багатьох сільськогосподарських культур.

Ключові слова: біогеохімія, сапропелевий мул, Шацькі озера, Україна.

Центральні частини більшості Шацьких озер, як і багатьох інших озер Полісся, з глибини 7–10 м заповнені алевропелітовими, так званими сапропелевими мулами, які на 47,60–66,25 % складені з пелітової маси, представленої, головню, дрібненькими пластівцями сапропелевої органіки, тонкодисперсним кварцом, рештками польових шпатів та незначною домішкою глинистих мінералів. Маса цих мулів на 28,22–43,73 % складена з алевриту з різними домішками піску (4,64–7,26 %). Характерною рисою мулів є високий вміст у них органічного вуглецю, який дорівнює 16,27–48,74 % (середнє значення – 28,48 %), що в перерахунку на органічну речовину в породі становить 28,05–84,03 % (оз. Луки) за середнього значення 49,10 %. Отже, це практично чисто органічні осадки, що дає підстави зачислити їх до сапропелевих мулів [12]. Вони дуже поширені в Шацьких озерах, де утворюють лінзоподібні поклади різної потужності. Якщо у таких великих озерах, як Світязь, Люцимир, Пісочне, Пулемецьке та інших сапропелі виповнюють найглибші частини озерної западини, де утворюють лінзи завтовшки від 1 до 3–5 м, то в озерах Перемут і Луки вони вже майже повністю виповнили озерне ложе, і їхня потужність, за даними буріння, виконаного геологами Укрбурмінводкаптаж за участю членів студентської науково-дослідної групи “Шельф” Львівського університету імені Івана Франка на початку 80-х років ХХ ст., перевищує 20 м. Цілковито заповнені сапропелевими мулами такі дрібні озера, як Мошне, Карасинець, Соминець та багато інших, які перебувають на стадії заболочування і можуть досить швидко зникнути, якщо не вжити відповідних заходів для їхнього очищення від цих мулів, що дало б не тільки екологічний, а й практичний ефект, оскільки сапропелі є цінною корисною копалиною.

За даними геологів Ковельської ГРП Рівненської ГРЕ, серед сапропелів Шацьких озер виявлені вапнякові, водоростево-вапнякові, водоростево-залізисті, водоростево-піщанисті, водоростево-глинисті та змішановодоростеві різновиди.

Макроскопічно сапропелі – це желеподібні пелітоморфні мули темно-сірого, чорного, сірувато-, бурувато-чорного й іншого кольору та рідкопластичної консистенції. Цікавою рисою цих мулів є їхня хімічна агресивність, унаслідок чого мішечки з тканини, в які відбирали проби, через деякий час виявились інтенсивно роз'їдені, начебто в них налили міцного лугу або кислоти: значення рН сапропелів постійно становило 6,5. Після висушування на сонці мул перетворюється на темно-буру, досить міцну і тверду, подібну до сухаря масу, яка важко розмокає у воді й не розчиняється навіть у концентрованому перекисі водню. Під час прожарювання майже повністю згоряє, залишається лише невелика кількість попелу, який складений, головню, з пелітового та алевритового матеріалу і золи.

Біологічний загін “Шельфу” вивчав вміст у сапропелях аміачної, нітратної та нітритної форм азоту і неорганічного фосфору. Дослідили також вміст аскорбінової кислоти й активність ферменту пероксидази як своєрідних індикаторів активності окисно-відновних процесів. Виконано лабораторні дослідження впливу озерних сапропелів на ріст рослин.

Проби сапропелів відбирали аквалангісти по периметру озер через 400–500 м з глибини 3–7 м. Відібрано проби з озер Пісочне, Перемут, Луки, Соминець, Піщанське, Люцимир, Карасинець, Кримне. Проби висушували 48 год на повітрі, а потім робили хімічні аналізи. Аміачну, нітратну і нітритну форми азоту, вміст неорганічного фосфору та аскорбінової кислоти; активність ферменту пероксидази визначали за методикою, викладеною в [1]. Для вивчення впливу сапропелів (водні витяжки у різних розведеннях) використовували пшеницю Альбідум 43 на піщаних культурах. Для аналізу відбирали три проби і для кожної робили по три повторні аналізи. Дані опрацьовували статистично з використанням варіаційних методів.

Результати досліджень засвідчили, що вміст трьох наведених форм азоту в різних озерах неоднаковий. Озера Соминець, Перемут, Луки і Люцимир багаті на нітрату форми азоту, Карасинець, Піщанське, Кримне містять його менше. В озерах Соминець, Піщанське, Луки більше нітритної форми азоту. Ця форма азоту хоча й слугує для азотного живлення рослин, однак у великих концентраціях може стати токсичною для них, тому в разі використання сапропелів цих озер необхідна ретельна їхня перевірка на токсичність і підбір оптимальних доз.

Найбільший вміст аміачної форми азоту зафіксовано в оз. Луки (9,59 г), найменший – в оз. Кримне (1,52 г). У решті досліджених озер цей вміст приблизно однаковий – 2–3 г на 100 г мулу.

У випадку використання сапропелів як добрив на полях необхідно брати до уваги кислотність ґрунтів і переважання в мулі тієї чи іншої форми азоту. Відомо, що за нейтрального або слабко лужного значення рН ґрунту швидше засвоюється аміачна форма, у разі рН < 6,0 і високої концентрації солей у ґрунті – нітратна. На це потрібно зважати під час складання карт удобрення полів сапропелями.

Вміст неорганічного фосфору незначно відрізняється в усіх озерах і становить 1,6–2,3 мкг/мл.

Вміст аскорбінової кислоти у сапропелях порівняно незначний, проте і цих кількостей достатньо для удобрення сільськогосподарських рослин. Роль аскорбінової кис-

лоти різноманітна. Вона разом з глутатионом активізує ті ділянки метаболізму, які є найвідповідальнішими за ріст: приблизно 80 % кисню, що його використовують паростки для дихання, надходить через систему аскорбінова кислота–глутатіон. Зі збільшенням вмісту аскорбінової кислоти зростає газостійкість рослин. Унаслідок передпосівного замочування насіння пшениці, гороху, кукурудзи та інших рослин у 0,00025-молярному розчині цього вітаміну зростала інтенсивність дихання листя і зерна, пришвидшувався період обертання речовин у циклі Кребса, насіння проростало активніше, мало розвиненішу кореневу систему та з більшою швидкістю поглинало азотисті сполуки.

У сапропелях також зафіксовано високий рівень ферменту пероксидази, що є одним із показників рівня окисно-відновних процесів. Пероксидаза ґрунтів, мабуть, бере участь у синтезі й розкладанні гумусових речовин [1], розкладанні фенольних речовин рослинних решток, тому ми визначили її активність у паростках пшениці, які вирощували на сапропелевих розчинах концентрації 1:10. Вона становить від 0,43 у мулах Луків до 0,68 у Піщанському озері.

У літературі [3–5, 9, 13] є відомості про практичне застосування сапропелів у сільському господарстві. Наприклад, на сапропелях можна вирощувати рослини для зеленого корму тварин [11, 13]. Завдяки використанню сапропелю як домішки до корму молодняку худоби вдавалося підвищувати їхню живу масу, а також в окремих випадках виліковувати його від деяких хвороб, зокрема бронхопневмонії [7]. Ф. Жуков [1] за виробничих умов з'ясував, що в разі вирощування на сапропелевих масах 1 кг вівса за дев'ять–десять днів дає 5 кг зеленої маси, а 1 кг кукурудзи – 10 кг зеленої маси.

Ми дослідили вплив сапропелю Шацьких озер у різних концентраціях на приріст зелених рослин пшениці сорту Альбідум 43. Рослини вирощували у пластмасових кюветах з піском, поливаючи розчином сапропелю. Контролем слугували рослини, які вирощували на водогінній воді з 1 мл KMnO_4 на 1 г листя.

Перевірено вплив сапропелю оз. Мошне на ріст і біохімічні показники тепличних томатів та огірків. Використано насіння томатів сорту Харківський та огірків сортів Конкурент і Зозуля. Сапропель відбирали вручну з глибини 2–3 м і висушували до повітряно-сухої маси. Насіння овочів вимочували протягом 3 год у розчині сапропелів 1:20, підросували в чашках Петрі у термостаті протягом семи діб і висаджували у ґрунт теплиці. Висаджені рослини поливали витяжкою сапропелів тієї ж концентрації раз на три дні. У проростків визначали морфометричні показники та вміст хлорофілу в листках, а під час досягання плодів проводили біохімічний аналіз на вміст білка, цукрів, нітратів та аскорбінової кислоти. У разі дії сапропелю простежено стимуляцію проростання насіння томатів на 20–31 %, огірків – на 21–47 % залежно від сорту. У проростках підвищувався вміст хлорофілів та нітратів. Маса плодів огірків і томатів зростала в середньому на 50 г за підвищення врожайності з куща. Поліпшувалась і якість продукції – вміст білка зростав від 0,78 до 0,86 %, цукрів – від 0,96 до 2,01 %, аскорбінової кислоти – від 22,4 до 43,6 мг% за зниження вмісту нітратів як в огірках, так і в томатах.

За даними А. Гонцова та О. Пахомової [5], сапропелеві мули можна також застосовувати як лікувальні грязі, у промисловості для виробництва різноманітних хімікатів [11, 13], керамічних виробів, цегли, ізоляційних матеріалів [2, 6] тощо, у гірничій справі для виготовлення бурових і тампонажних розчинів [8, 10, 12] та ін.

Спектральні аналізи сапропелів засвідчили наявність у них великого комплексу мікроелементів. Виявлено 34 хімічні елементи, з яких 28 є рідкісними та розсіяними: Sr, Ba, Ag, Cu, V, Cr, Ti, Pb, Ga, P, Zr, Nb, Sc, Y, Be, Sn, Co, Tl, Hg, Bi, Ce, Li. У цьому компле-

ксі є такі важливі для росту і метаболізму рослин мікроелементи, як Мо, Zn, В, Mn, Cr, Ні та ін.

З огляду на те, що головною складовою сапропелевих мулів є органічна речовина, значний інтерес становить вивчення взаємозв'язку $S_{\text{орг}}$ з мікроелементами. Для виділення асоціації елементів, які перебувають у мулах у певному взаємозв'язку, використано факторний аналіз. За значеннями факторних навантажень можна виділити асоціації елементів, які однаково реагують на дію відповідних чинників. Такі елементи у факторному просторі утворюють компактні групи. Привертає увагу те, що в розподілі всіх без винятку елементів у мулах провідну роль відіграє чинник F_1 . У полі чинників F_1 – F_2 виділено три асоціації: $S_{\text{орг}}\text{--Co--Ga--V--Y--Zn--Mo}$, B--Ag--Pb--Sr--Ba та Cr--Mn--Ni--Cu . Якщо на розподіл елементів першої асоціації впливає чинник F_1 , то на розподіл компонентів другої і третьої асоціації діє також чинник F_2 . Причому ці асоціації полярні одна до одної.

За даними літолого-мінералогічних досліджень зразків мулів з екстремальними значеннями чинника F_2 , на розподіл В, Ag, Pb, Sr, Ba, Cr, Mn, Ni, Cu впливають наявні в мулах кальцит, польові шпати і глинисті мінерали.

Елементи, які асоціюють з $S_{\text{орг}}$, належать до типових орґанофільних [6]. Для органічної речовини характерне накопичення Co, Ga, V, Y, Zn, Mo тощо у вигляді металоорґанічних комплексних сполук сорбованих або адсорбованих домішок. Цей процес починається в живому організмі й триває після його руйнування та захоронення під час взаємодії з навколишнім середовищем. Висока збагаченість орґаніки мікроелементами може бути пов'язана з їхнім накопиченням живою біомасою у вигляді металоферментів та інших білковоподібних утворень. Судячи з отриманих результатів, біос Шацьких озер (як живі мікроорґанізми, так і мертва неорґанічна речовина) чинить енергійний біохімічний вплив на мінеральну частину донних осадів та інтенсивно руйнує (звітряє) навіть дуже стійкі мінерали, зокрема акцесорні, з яких вилучає й засвоює багато різних мікроелементів. Унаслідок відмирання й осадження великих мас орґанічних решток за умов повільної деструкції біомаси відбувається концентрація елементів, зумовлена сорбцією відповідних іонів білковими фрагментами за йонообмінним і адсорбційним механізмом.

Зазначимо, що використання сапропелевих мулів у різних галузях господарства веде до розболочування озер, що перебувають на останніх стадіях замулювання та заболочування. Саме тому чимало озер можна було б використовувати, з одного боку, для розведення риби, а з іншого, – для рекреації та інших цілей.

1. Баранов В.И., Косарчин С.В., Слипецкий С.В. Изучение биохимического состава и биологической активности сапропелей озер Шацкой группы // Вест. Львов. ун-та. Сер. геол. 1986. Вып. 9. С. 60–70.
2. Галабурда В.К., Коршунов П.А., Бруй Л.К. и др. Облегченные цементно-сапропелевые растворы // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. М.: Знание, 1981. 240 с.
3. Ганцов А.А., Лаженицына В.И. Применения сапропелей и горючих сланцев для приготовления буровых растворов. Минск: ХТГ, 1986. 240 с.
4. Ганцов А.А., Пахомова О.В. Сапропели и их использование в народном хозяйстве. М.: Недра, 1989. 45 с.

5. Демидович Б.К., Шубин М.И., Брель С.С. и др. Применение органических сапропелей в производстве кирпича // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Минск: Наука и техника, 1981. 350 с.
6. Добрук Е.А. Эффективность применения сапропелевых брикетов при подкормке молодняка свиней на откорме // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Минск: Наука и техника, 1981. 350 с.
7. Евтушенко Г.С., Косаревич И.В., Мавлютов М.Р. Буровые растворы и тампонажные растворы на основе торфа и сапропелей // Геол. методы поисков и разведки месторождений твердых горюч. ископаемых: Обзор ВНИИ экономики минер. сырья и геологоразвед. работ (ВИЭМС), 1988. 30 с.
8. Использование сапропелей в сельском хозяйстве: Тр. Свердлов. с.-х. ин-та. 1968. Т. 17. 360 с.
9. Кориунов П.А., Бруй А.К., Плеханова А.А. Опыт внедрения цементно-сапропелевого раствора // Пути повышения скоростей бурения геологоразведочных скважин в осложненных условиях. Минск, 1983. 190 с.
10. Косаревич И.В., Битюгов Н.И., Шмавоняц В.Щ. Сапропелевые буровые растворы. Минск: Наука и техника, 1987. 40 с.
11. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А. Сапропели и продукты на их основе. Минск: Наука и техника, 1986. 400 с.
12. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А. и др. Сапропелевые удобрения. Минск: Наука и техника, 1983. 540 с.
13. Маринич А.М. Геоморфология Южного Полесья. Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1963. 250 с.
14. Хмелівський В.О., Костюк О.В., Баранов В.І. Біогехімія сапропелевих мулів // Вісн. Львів ун-ту. Сер. геол. 2005. Вип. 20.

**SAPROPEL FROM POLISSYA REGION
(SHATSK LAKES)****V. Khmelivskiy, V. Baranov, O. Kostyuk**

*Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskiy St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine
E-mail: Kostyuk_O@rambler.ru*

Biogeochemical composition of sapropel from the Shatsk lakes has been investigated. The content of the organic substance as well as ammoniacal, nitrate and nitrite forms of Nitrogen, inorganic Phosphorus and ascorbine acid have been researched. Thirty four chemical elements have been determined in the mud, 28 ones among them are rare and dispersed. Such elements as Mo, Zn, B, Mg, Cr and Ni are very important for the plants growth and metabolism. High enrichment of the organic substance with minor elements is connected with its accumulation by vital biomass in the form of the metalloferments and other protein-like formations. Obviously, bios from lakes vigorously affects on mineral part of the bottom sediments and intensively decomposes even very proof to weathering minerals, for example, accessory. From them it extracts, and then masters main part of microelements. The conducted field researches showed that bringing of sapropel in soil considerably promoted the harvest of many agricultural cultures.

Key words: biogeochemistry, sapropel, Shatsk lakes, Ukraine.

**САПРОПЕЛЕВЫЕ ИЛЫ ПОЛЕСЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ШАЦКИХ ОЗЕР)****В. Хмелевский, В. Баранов, А. Костюк**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
79005 г. Львов, ул. Грушевского, 4
E-mail: Kostyuk_O@rambler.ru*

Детально исследован биогеохимический состав сапропелевых илов Шацких озер. Изучено содержание в них органических веществ, аммиачной, нитратной и нитритной форм азота, неорганического фосфора, аскорбиновой кислоты и 34 химических элементов, среди которых такие очень важные для роста и метаболизма растений, как Mo, Zn, B, Mn, Cr, Ni и др. Обнаружено высокое содержание в органических веществах микроэлементов. Очевидно, биос озер энергично воздействует на минеральную часть донных осадков и интенсивно разлагает даже очень стойкие к выветриванию минералы, например, аксессуарные, из которых извлекает, а затем усваивает главную часть микроэлементов. Проведенные группой “Шельф” полевые исследования показали, что внесение сапропелей в почву значительно повышает урожай многих сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: биогеохимия, сапропелевый ил, Шацкие озера, Украина.

Стаття надійшла до редколегії 14.08.2010

Прийнята до друку 21.10.2010