

---

# EVOLUTION AND GENESIS OF SOILS

---

---



A. S. Kholodna ✉

UDK 631.415.2:631.58

---

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute  
for Soil Science and Agrochemistry Research»,  
Chajkovska str., 4, Kharkov, Ukraine, 61024*

---

## SOIL FACTORS OF FLOODPLAIN SOILS THAT LIMIT GROWTH OF ENERGY CROPS

**Abstract.** Nowadays it is hard to find a country with a big number of lands, which are non-used in any sphere of production. Taking into account hard ecological situation on the planet, each year more and more countries join to zero waste production. The agricultural branch is not an exception.

Searching and creation of renewable energy sources are the main subjects of study for scientists in many fields of science. Starting from the 70s in Sweden government implemented the production of renewable energy. That energy based on burning the products of plant origin. At this period on the planet oil crises was increasing. This fact motivated scientists and businessmen for searching chip and effective energy sources. One of such sources is the biomass of fast-growing plant species which can be successfully recycled into biofuel.

Renewable energy production in Ukraine is only on the first phase of development. A major limiting factor is the issue of determining the eligibility criteria of soils on which one can place the plantation of energy crops. It is noted that there is a possibility of growing energy crops on hydromorphic soils of floodplains, which are not used in traditional farming and forestry.

Determining of soil limiting factors that can affect the growth of energy crops was conducted in the floodplain of river Vilhovatka, Novo-Vodolazhskiy district, Kharkiv region in 2016. Researches of the development and growth of energy crops (energy willow and giant miscanthus) were held on the meadow alluvial hard loamy soil and on meadow-marsh alluvial hard loamy soil. These soils by their genesis belong to azonal ones. High developed accumulative processes, which serve for organic and both macro and microelements conglomeration, are the specialty of their soil formation. Specific acid-base regime is inherent for hydromorphic soils. It's caused by their periodical or constant water logging. For both soils the parent rock is an oxbow alluvium. The level of ground water occurrence was installed by drilling in spring, summer and fall.

Energy willow – is one of the willow species that is processed for solid fuel. The usage of hydromorphic soils for willow planting has good perspectives. These soils can't be used in agriculture without drainage. Here lies a clear parallel and duality of energy willow – the nature of its cultivation is more similar to food crops, but in contrast, willow grows on typical forest soils. In addition it can be mentioned that willow plantations have been used as a factor of preventing erosion for a long time already. The plants develop strong root system that allows consolidating river banks, gullies and ravines. Giant miscanthus – is a perennial grass that in botanical features reminds cane. The benefits of growing

---

✉ Tel.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com

DOI: 10.15421/041612

ISSN 1684-9094. Gruntoznavstvo. 2016. Vol. 17, no. 3-4

43

this crop lie not only in its growing for energy needs. Giant miscanthus has the following characteristics: tolerance to almost all types of soils; resistance to salinity (which is important in terms of its possible growth on alluvial-meadow saline soils); ability to grow on heavy soils; the ability to produce large amounts of biomass, which is relatively easy to collect and process with the existing technology and, of course, it's ability for significantly improving of the environmental situation in forest landscapes.

The paper presents the results of studies of the establishment of factors that affect the growth of energy crops in flooded soils. It was found that the main limiting factors are: the level of occurrence of groundwater and the concentration of heavy metals. Depending on the type of floodplain soils the level of groundwater occurrence varies considerably. This factor generally determines the character of the growth of the studied crops. Once again it was confirmed that the floodplain soils contain high concentrations of iron, including ferrous ( $\text{Fe}^{2+}$ ) and oxide ( $\text{Fe}^{3+}$ ) forms. It is shown that the form of ferrous iron in high quantities is a limiting factor for normal growth and development of energy plants.

On the meadow alluvial soil of the central floodplain energy crops grew much better (especially energy willow) than in the meadow-marsh soil of the terrace floodplain. Giant Miscanthus showed better stability, compared to energy willow, to its growing conditions. Also the article deals with the issue of energy willow phytoremediation ability, through which it is possible to partially solve the problem of some soils' contamination with heavy metals.

**Keywords:** floodplain, energy crops, energy willow, giant miscanthus, heavy metals, phytoremediation.

УДК 631.415.2:631.58

А. С. Холодная

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024, тел.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com*

#### **ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ, ЛИМИТИРУЮЩИЕ РОСТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР**

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследований по установлению факторов, которые влияют на рост энергетических культур в пойменных почвах. Установлено, что главными лимитирующими почвенными факторами являются уровень залегания грунтовых вод и содержание тяжёлых металлов. В зависимости от типа пойменных почв уровень залегания грунтовых вод существенно колеблется, что в общем определило характер произрастания исследуемых культур. Ещё раз доказано, что в почвах речных пойм содержится высокая концентрация железа, в частности закисной ( $\text{Fe}^{2+}$ ) и окисной ( $\text{Fe}^{3+}$ ) форм. Показано, что закисные формы железа в повышенных количествах являются угнетающим фактором для нормального роста и развития энергетических растений.

На луговой аллювиальной почве центральной поймы энергетические культуры произрастали намного лучше (в особенности энергетическая верба), чем на лугово-болотной почве притеррасной поймы. Мискантус гигантский проявил более высокую стойкость, в сравнении с вербой энергетической, к условиям выращивания. Также в работе рассмотрен вопрос о фиторемедиационных способностях вербы энергетической, благодаря которым появляется возможность частичного решения проблемы загрязнения почв некоторыми тяжёлыми металлами.

**Ключевые слова:** пойма, энергетические культуры, верба энергетическая, мискантус гигантский, тяжёлые металлы, фиторемедиация.

УДК 631.415.2:631.58

А. С. Холодна

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024, тел.: +38066-414-07-02, e-mail: lonakalt@gmail.com*

#### **ҐРУНТОВІ ЧИННИКИ ЗАПЛАВНИХ ҐРУНТІВ, ЯКІ ЛІМІТУЮТЬ ЗРОСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР**

**Анотація.** У роботі наведено результати досліджень зі встановлення факторів, які впливають на зростання енергетичних культур у заплавних ґрунтах. Установлено, що головними

лімітуючими ґрунтовими чинниками є рівень залягання підґрунтових вод та вміст важких металів. Залежно від типу заплавних ґрунтів рівень залягання підґрунтових вод суттєво коливається, що в цілому визначило характер зростання досліджуваних культур. Ще раз підтверджено, що в ґрунтах річкових заплав міститься велика концентрація заліза, зокрема закисної ( $\text{Fe}^{2+}$ ) та окисної ( $\text{Fe}^{3+}$ ) форм. Показано, що закисні форми заліза в підвищених кількостях є пригнічуючим фактором для нормального росту та розвитку енергетичних рослин.

На лучному алювіальному ґрунті центральної заплави енергетичні культури зростали набагато краще (особливо верба енергетична), ніж на лучно-болотному ґрунті притерасної заплави. Міскантус гігантський виявив більш високу стійкість, порівняно з вербою енергетичною, до умов вирощування. Також у роботі розглянуто питання щодо фітореMediaційної здатності верби енергетичної, завдяки якій з'являється можливість часткового вирішення проблеми забруднення ґрунтів деякими важкими металами.

**Ключові слова:** *заплава, енергетичні культури, верба енергетична, міскантус гігантський, важкі метали, фітореMediaція.*

## ВСТУП

У розвинутих країнах світу протягом останніх десятиріч набуває потужного розвитку екологічний напрямок ведення сільськогосподарського виробництва, який потребує залучення значної кількості земельних ресурсів. На цей час складно знайти державу, де незайнятими в господарстві залишаються великі площі ґрунтових угідь. Ураховуючи складну екологічну ситуацію на планеті, з кожним роком все більше країн залучаються до безвідходного виробництва, у тому числі і в сільськогосподарській галузі.

Пошук та створення відновлювальних джерел енергії – основна задача науковців у багатьох галузях науки. Починаючи з 70-х років минулого сторіччя (Aronsson, Perttu, 2001) у Швеції впровадили виробництво енергії, яка базується на спалюванні продуктів рослинного походження. Цей час припав на світову нафтову кризу, яка спонукала науковців та виробників на пошук дешевих та ефективних енергоносіїв. Одним із таких енергетичних джерел є біомаса швидкорослих видів рослин, яка відносно легко переробляється на паливо.

На цей час вирощування енергетичних культур набуло широкого розвитку в США, Китаї, Великобританії, Швеції, Данії, Німеччині, Польщі, Іспанії та ін. (Annual Statistical Report ..., 2011).

В Україні відновлювальне енергетичне виробництво тільки починає набирати оберти. На наш погляд, значним стримуючим фактором залишається питання щодо визначення критеріїв придатності ґрунтів, на яких можна розміщувати плантації енергетичних культур. Зрозуміло, що в Україні, як у потужній аграрній державі, зайняття непродовольчими культурами високородючих ґрунтів, включаючи чорноземні, викликає дискусії та суперечки. Разом із цим існує реальна можливість вирощувати енергетичні культури на ґрунтах, які не використовуються в традиційному веденні сільського та лісового господарства, а саме гідроморфних ґрунтах заплав, бедлендів, осушених ґрунтах та ін.

Наші дослідження передбачають розгляд системи «ґрунт – рослина» на прикладі заплавних ґрунтів Лівобережного Лісостепу (заплава р. Вільховатки) та двох найбільш перспективних енергетичних культур для впровадження в біоенергетичну галузь України – верби енергетичної та міскантуса гігантського. Актуальність роботи полягає в тому, що вирощування подібних рослин майже не розглядалось з точки зору ґрунтознавства. Наслідки вирощування таких культур відносно ґрунтів дуже мало досліджені.

*Мета роботи* – установлення лімітуючих ґрунтових чинників, які впливають на зростання енергетичних культур у заплавах.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення лімітуючих ґрунтових чинників, які впливають на зростання енергетичних культур, проводили в заплаві р. Вільховатки Ново-Водолазького району Харківської області в 2016 році.

Дослідження за розвитком і зростанням енергетичних культур (верби енергетичної та міскантусу гігантського) проведено на лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті та на лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті. Породою для обох ґрунтів є старичний алювій. Рівень залягання підґрунтових вод установлювали шляхом буріння свердловин навесні, влітку та восени.

Ґрунтові зразки відібрано згідно з ДСТУ 4287. Залізо в ґрунті було визначено за ДСТУ 7913:2015, важкі метали – за ДСТУ 4770.1-3,5-9:2007.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що рівень залягання підґрунтових вод у лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті залежно від пори року становив: на початку травня – 0,69 м, у середині липня – 1,2 м, на початку листопада – 0,93 м. Як показали наші дослідження, визначені рівні залягання підґрунтових вод не були суттєвою перешкодою для зростання верби енергетичної та міскантусу гігантського головним чином через те, що коренева система цих енергетичних культур переважно знаходиться у верхніх шарах ґрунту. Рослини верби досягли в перший рік зростання 1,55–1,75 м у висоту.

Рівень залягання підґрунтових вод лучно-болотного алювіального важкосуглинкового ґрунту був значно вищим порівняно з попереднім ґрунтом і становив навесні – 0,47 м, влітку – 0,75 м і восени – 0,56 м. На відміну від попереднього варіанта з лучним ґрунтом, на лучно-болотному енергетичні культури зростали значно гірше. Переважна більшість рослин верби (85 %) не вижила, а ті, що залишилися, порівняно з рослинами першого варіанта майже не виростили. Верби на лучно-болотному ґрунті виростили лише до 0,45–0,60 м. Різниця в зростанні міскантусу гігантського на обох ґрунтах виявилась менш значною, ніж у верби енергетичної. Висота рослин міскантусу на лучному ґрунті коливалась від 1,85 до 2,05 м, тоді як на лучно-болотному вона була на рівні 1,60–1,75 м. Отже, дослідженнями встановлено, що високий рівень залягання підґрунтових вод є лімітуючим фактором для зростання верби енергетичної, хоча для міскантусу гігантського він був не таким значним.

Із високим вмістом вологи пов'язана концентрація заліза в ґрунті. Добре відомо, що чим більше води в ґрунтовому середовищі, тим активніше проявляються анаеробні умови. Вміст рухомих форм заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст рухомих форм заліза в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті			
Глибина відбору зразків, см	Fe <sup>2+</sup> , мг/кг	Fe <sup>3+</sup> , мг/кг	Fe загальне, мг/кг
Верба енергетична			
0–20	74	28	102
20–40	90	468	558
40–60	26	853	879
Міскантус гігантський			
0–20	89	46	135
20–40	102	428	530
40–60	30	704	734

Основна підземна біомаса обраних енергетичних культур знаходиться на глибині до 40 см, тому особливу увагу слід приділити концентрації елементів саме в

цьому шарі. Вміст закисного заліза на глибині 0–20 см становив 74 мг/кг, з глибиною показник дещо зростає – до 90 мг/кг. Грунт на ділянці міскантусу гігантського має трохи вищу концентрацію закисного заліза, але в цілому динаміка коливання вмісту заліза аналогічна.

На лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті рослини верби зростали значно гірше, ніж на лучному алювіальному. Одним з лімітуючих чинників цього, як було вище зазначено, є високий рівень підґрунтових вод. Як було нами встановлено, іншим обмежувальним фактором є підвищений вміст закисного заліза.

Показано, що через значно вищий рівень залягання підґрунтових вод анаеробні процеси в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті зазнали ще більшого розвитку, тому то й вміст заліза в ньому був вищим.

Концентрація закисного заліза в лучно-болотному ґрунті (табл. 2) була практично вдвічі більшою, ніж у лучному алювіальному (див. табл. 1). Зважаючи на те що на ділянках цього ґрунту ріст верби енергетичної був помітно гіршим за попередній варіант, можна вважати закисне залізо в надмірних концентраціях лімітуючим фактором для неї.

Таблиця 2

**Вміст рухомих форм заліза в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті**

Глибина відбору зразків, см	Fe <sup>2+</sup> , мг/кг	Fe <sup>3+</sup> , мг/кг	Fe загальне, мг/кг
Верба енергетична			
0–20	97	1530	1627
20–40	145	386	531
40–60	86	728	814
Міскантус гігантський			
0–20	159	110	269
20–40	132	328	460
40–60	50	304	354

Щодо міскантусу гігантського, то ця культура виявилась досить стійкою до даного хімічного елемента – всі рослини досягли оптимального розміру за вегетаційний період. Тому залізо для міскантусу не є лімітуючим життєвим фактором, що може означати його культивування на подібних ґрунтах із високим рівнем залягання підґрунтових вод.

Зауважимо, що верба енергетична є рослиною-ремедіантом – вона здатна поглинати деякі важкі метали, а саме кадмій, нікель, цинк та мідь, з ґрунту. Вміст цих важких металів у ґрунті під вербою енергетичною був нижчим (табл. 3).

Таблиця 3

**Вміст важких металів в лучному алювіальному важкосуглинковому ґрунті заплави р. Вільховатки**

Глибина відбору зразків, см	Вміст елемента, мг/кг							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Верба енергетична								
0–20	0,29	1,01	1,03	0,67	14,32	0,77	0,59	5,49
20–40	0,55	3,35	6,44	1,27	5,14	2,40	1,40	0,94
40–60	0,12	1,64	0,49	1,48	15,43	2,36	0,75	4,39
Міскантус гігантський								
0–20	0,31	1,45	2,12	0,75	12,40	0,51	0,33	5,74
20–40	0,47	2,04	0,74	0,44	8,22	2,19	1,54	0,90
40–60	0,29	1,85	0,56	0,63	15,21	2,13	0,40	4,25

У роботі бельгійських науковців (Mertens et al., 2006) представлено дані про сезонні коливання вмісту важких металів безпосередньо в біомасі рослин верби, що підтверджує правильність отриманих нами результатів.

Найбільше в лучному алювіальному ґрунті є кобальту, хрому, мангану та цинку. Розподіл важких металів не має прямої залежності від глибини. Проте слід зазначити, що загальна концентрація рухомих форм важких металів лучного ґрунту нижча за концентрацію цих елементів в лучно-болотному (табл. 4). Різницю вмісту важких металів у ґрунтах заплави р. Вільховатки можна пояснити, по-перше, фітореMediaційними властивостями верби енергетичної, по-друге – різницею в генезі самих ґрунтів.

Таблиця 4

**Вміст важких металів в лучно-болотному алювіальному важкосуглинковому ґрунті заплави р. Вільховатки**

Глибина відбору зразків, см	Вміст елемента, мг/кг							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Верба енергетична								
0–20	0,41	0,48	3,93	0,63	20,08	3,28	1,08	11,42
20–40	0,68	1,16	9,52	2,27	17,43	2,82	0,75	9,34
40–60	0,30	1,55	1,94	0,97	8,51	1,15	1,04	6,81
Міскантус гігантський								
0–20	0,37	2,39	2,72	0,95	17,31	4,53	1,39	6,79
20–40	0,52	2,27	0,96	0,62	18,21	2,79	1,89	8,59
40–60	0,36	2,12	3,00	0,83	15,63	1,13	2,40	7,15

У лучно-болотному ґрунті міститься висока концентрація хрому, мангану та цинку. Через те що рослини верби енергетичної не досягли свого оптимального розміру, більшість з них взагалі загинула, важкі метали не було абсорбовано. Тобто в даному випадку верба енергетична не спрацювала як фітореMediaнт.

Про фітореMediaційні властивості міскантусу гігантського на даному етапі дослідження говорить зарано, проте, незважаючи на підвищені концентрації багатьох важких металів (заліза, кобальту, хрому, марганцю, нікелю, свинцю та цинку), ця культура проявила високу стійкість до умов вирощування.

Обрані для проведення досліджень алювіальні ґрунти заплави р. Вільховатки можуть у подальшому бути використані для культивування на них енергетичних культур із урахуванням особистих вимог рослин. Крім того, територія проведення досліджень підпадає під дозволені у Вимогах Сталості, які визначені директивою Європейського Союзу (Sustainability requirements of biofuels in the EU, 2010).

## ВИСНОВКИ

Установлено, що високий рівень залягання підґрунтових вод лучно-болотного алювіального важкосуглинкового ґрунту є лімітуючим фактором для зростання верби енергетичної, хоча для міскантусу гігантського він був не таким значним.

Визначено, що надвисокі концентрації заліза в лучно-болотному алювіальному ґрунті заплави згубно подіяли на рослини верби енергетичної і призвели до майже повної загибелі рослин на ділянці.

На ділянках із нормальним розвитком та зростанням верби вміст кадмію, хрому, міді, заліза, марганцю, нікелю, свинцю та цинку був нижчим, ніж на лучно-болотному ґрунті, що свідчить про те, що верба енергетична має фітореMediaційні здібності.

Доведено, що міскантус гігантський є високоприспосовуваною культурою в умовах вирощування на заплавах територіях.

\* \* \*

Роботу виконано під науковим керівництвом д-ра біол. наук Ю. Л. Цапка.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Aronsson, P., Perttu, K., 2001.** Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. *Forestry Chronicle* 77(2), 293–299.
- Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU 27, AEBIOM, 2011.
- Mertens, J., Vervaeke, P., Meers, E., Tack, F. M. G., 2006.** Seasonal changes of metals in willow (Salix sp.) stands for phytoremediation on dredged sediment *Environmental Science & Technology* 40(6), 1962–1968.
- Sustainability requirements of biofuels in the EU: implications for Ukrainian manufactures: [http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy\\_papers/Agriculture\\_dialogue/2010/PP29.Final.UKR.pdf](http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2010/PP29.Final.UKR.pdf) (in Ukrainian).

*Стаття надійшла в редакцію: 25.10.2016*