



UDC 630:582.632.2(477.41/42)

ASSESSMENT OF THE BIOPRODUCTIVITY OF THE RIGHT-BANK POLISSIA FORESTS OF UKRAINE

I. Ivaniuk¹, E. Fuchylo¹, T. Ivaniuk²

Article info

Received
24.03.2020

Accepted
30.04.2020

¹ Malyn College
of Professional
Studies
Gamarnia,
Malyn district,
Zhytomyr
region,
34600, Ukraine

² Zhytomyr
National
Agroecological
University
7, Staryi Blvd,
Zhytomyr,
10008, Ukraine

E-mail: mltc-
1927@ukr.net;
i.tanya1503@
gmail.com

Ivaniuk, I., Fuchylo, E., Ivaniuk, T. (2020). Assessment of the bioproductivity of the Right-Bank Polissia forests of Ukraine. Scientific Horizons, 04 (89), 115–120. doi: 10.33249/2663-2144-2020-89-4-115-120.

The right-bank Polissia of Ukraine is one of the most wooded regions of Ukraine. Its forests affect the climate of Eastern Europe. At the same time as performing many useful functions, the forests of the region also perform significant environmental contributions to carbon accumulation. Determination of the quantitative indicators of carbon deposition and the proportion of participation of different forest stands in these processes is extremely relevant in current environmental conditions. To study the density of phytomass and deposited carbon we used the methodology of data collection and analysis developed by P. I. Lakida.

In the process of research on the accumulation of trunk wood and carbon deposition of the main wood-forming tree species in the forests of Right-Bank Polissia, the components of phytomass and its density were calculated. It was established that the forests of the study region cover an area of 1946.4 thousand hectares, the productivity of trunk wood stock is 419.5 million m³.

Among the wood-forming tree species pinewood is the largest in the volume of the deposited carbon and produced phytomass. The planting of oak by area and total stock of trunk wood is inferior to planting pine. Carbon density in oak stands is higher comparing to other tree species and the total density in all study areas. The excess is in the range of 9.6 % (Rivne region) to 22.4 % («Zhytomyroblagrolis» forests). The density of the oak phytomass exceeds the average indicators of the forests phytomass density of the region as a whole and its largest values are recorded in the oak forests of Rivne region (21.1 kg/m²).

The results of the research indicate the expediency of expanding the area of valuable tree species, first of all, the oak plantations taking into account its considerable bioproductivity and the ability to provide a high level of phytomass and carbon density.

In the future it is promising to explore the possibility of carbon deposition by all the components of forest ecosystems.

Keywords: stands productivity, deposited carbon, phytomass components, phytomass density, a group of wood-forming tree species.

ОЦІНКА БІОПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

I. Д. Іванюк¹, Я. Д. Фучило¹, Т. М. Іванюк²

¹Малинський фаховий коледж

с. Гамарня, Малинський район, Житомирська обл., 34600, Україна

²Житомирський національний агроекологічний університет

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Правобережне Полісся України є одним з найбільш лісистих регіонів України. Його лісові масиви впливають на клімат Східної Європи. Одночасно з виконанням численних корисних функцій, ліси

регіону виконують ще й значну екологічну, беруть участь у накопиченні вуглецю. Визначення кількісних показників депонування вуглецю та частки участі різних за складом деревостанів у даних процесах є надзвичайно актуальним у сучасних екологічних умовах. Для вивчення щільності фітомаси і депонуваного вуглецю використали методика збору та аналізу даних, розроблену П. І. Лакидою.

У процесі дослідження накопичення стовбурної деревини та депонування вуглецю головними лісотвірними деревними породами у лісах Правобережного Полісся обраховано компоненти фітомаси та її щільність. Встановлено, що ліси регіону досліджень займають площу 1946,4 тис. га, продуктивність за запасом стовбурної деревини становить 419,5 млн м³.

Серед лісотвірних деревних порід, в об'ємі депонованого вуглецю та продукованої фітомаси, найбільшу частку займає сосна звичайна. Насадження дуба звичайного, за площею і загальним запасом стовбурної деревини, поступаються насадженням сосни звичайної. Щільність вуглецю у насадженнях дуба звичайного вища, у порівнянні з іншими деревними породами та загальною щільністю в усіх досліджуваних областях. Перевищення значень знаходиться у межах від 9,6 % (Рівненська область) до 22,4 % (ліси «Житомироблагролісу»). Щільність фітомаси дуба звичайного перевищує середні показники щільності фітомаси лісів регіону загалом, а найбільші її значення зафіксовані у дубняках Рівненської області (21,1 кг/м²).

Отримані результати досліджень свідчать про доцільність розширення площ цінних деревних порід, в першу чергу, насаджень дуба звичайного, враховуючи його значну біопродуктивність та здатність забезпечувати високий рівень щільності фітомаси та вуглецю.

У подальшому, перспективними є дослідження можливості депонування вуглецю всіма компонентами лісових екосистем.

Ключові слова: продуктивність насаджень; депонований вуглець; компоненти фітомаси; щільність фітомаси; група лісотвірних порід.

Вступ

Одним з найбільших лісозабезпечених регіонів нашої країни є Західно- та Центральноподільський лісгосподарський округ до складу якого входить Центральне (Житомирське) Полісся та Західне Полісся, що розташоване на території Волинської та Рівненської областей (Hensiruk, 2002). Досліджуваний регіон є частиною едафічно обумовленої підпровінції Східно-Європейської широколистяної провінції. Історично у даному районі формувалися дубово-соснові та грабово-дубово-соснові ліси, але нині ситуація змінилася. Лісові масиви регіону досліджень мають значний вплив на клімат не лише України, а й всієї Східної Європи (Hensiruk, 2002; Matusevych & Lakyda, 2016). У зв'язку з цим, дослідження, пов'язані з оцінкою потенціалу лісів цього регіону щодо впливу на кліматичні процеси через зміну накопичення лісовими екосистемами вуглецю, є надзвичайно актуальними. Вивчення стану і продуктивності лісів, у першу чергу, цінних дубових, дасть можливість оцінити не тільки їх ресурси, а й екологічну роль у процесі кліматичних змін (Lakyda et al., 2016).

У лісовому фонді Державного агентства лісових ресурсів України, за даними державного обліку лісів, нараховується 10785,3 тис. га

загальної площі земель лісового фонду, з яких 9573,9 тис. га вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки. Виходячи з даних, лісистість держави становить 15,9 %, а відношення площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок до площі суші – 16,5 % (Dovidnyk ..., 2012). Територіально найбільша площа лісів – 42,2 % – зосереджена на Полісі, а найбільшу частку вкритої лісом площі серед деревних порід займає сосна звичайна – 34,7 % та дуб звичайний – 26,3 %. До того ж, середній запас стовбурної деревини на 1 га у хвойних деревостанах становить 239,0 м³, у твердолистяних – 197 м³, у м'яколистяних – 170 м³, що з огляду на запаси вуглецю накопичені у фітомасі лісів може становити близько 61,0; 55,0 і 53,0 т/га, відповідно. Протягом року на одному гектарі лісів, в середньому, приростає 4,0 м³ деревини, що забезпечує депонування 1,2 тонни вуглецю (Yukhnovsky, 2003). Проведені вітчизняними науковцями дослідження вказують, що основним накопичувачем вуглецю в лісових екосистемах, серед усіх компонентів лісу, є саме деревостан, який здатен депонувати найбільшу часту вуглецю (Lakyda, 2002; Bala et al., 2018). Зважаючи на це, у першу чергу, потрібно досліджувати щільність вуглецю та можливість його депонування саме у деревостані як основному компоненті лісу та головному об'єкті

господарювання. З огляду на ресурсні можливості та цінність деревини, нині надзвичайно актуально постає питання розширення площ лісових насаджень, і особливо дуба звичайного. За даними останніх досліджень, саме дуб показує доволі високі показники біопродуктивності та має значний ресурсний потенціал в умовах Полісся України (Lakyda et al., 2018).

Матеріали та методи

Мета роботи – обрахувати щільність фітомаси та депоновання вуглецю у лісах Правобережного Полісся України та проаналізувати їх біопродуктивність. Дослідження проведено на основі даних обліку державного лісового фонду (Dovidnyk ..., 2012) та матеріалів лісовпорядкування дочірніх підприємств «Житомир-облагроліс» (Zvit ..., 2018). Досліджувалися процеси росту і нагромадження живої органічної речовини та вуглецю в лісових насадженнях регіону. Для вирішення поставлених завдань за

основу була використана методика збору та оцінки дослідного матеріалу П.І. Лакиди (Lakyda, 2002), яка ґрунтується на вдало поєднаних таксаційних і біометричних прийомах, а використані в ній теоретичні узагальнення базуються на основі статистичних та математичних методах. При цьому, використана програма Carbon.

Результати досліджень та обговорення

Ліси Правобережного Полісся характеризується найвищою лісистістю (34,1 %), порівняно з іншими регіонами рівнинної частини України. Відповідно, вони мають значні запаси фітомаси і депонованого у ній вуглецю. Запас стовбурової деревини у лісах Державного агентства лісових ресурсів України, в межах областей, становить: Волинська область – 96,8 млн м³, Рівненська – 115,4 млн м³, Житомирська – 156,46 млн м³. Їх фітомаса містить, відповідно: 32,22 млн т; 51,87 млн т та 53,37 млн т вуглецю (табл. 1).

Таблиця 1. Фітомаса та депонований вуглець у лісах Правобережного Полісся

Група лісотвірних порід	Укриті лісовою рослинністю ділянки, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м ³	Компоненти фітомаси, млн. т	Щільність фітомаси, кг м ²	Вуглець	
					всього, млн. т	щільність, кг м ²
Волинська область (держлісфонд)						
Хвойні	254,2	65,3	41,0983	16,2	20,4047	8,0
Твердолистяні, у т. ч. дуб	64,7 59,5	12,6 11,7	10,3396 9,581	16,0 16,1	5,1482 4,7705	8,0 8,0
М'яколистяні	119,6	18,8	13,3863	11,2	6,6672	5,6
Всього	438,6	96,8	64,8242	14,8	32,2201	7,3
Рівненська область (держлісфонд)						
Хвойні	387,3	83,5	71,6967	18,5	35,5868	9,2
Твердолистяні, у т. ч. дуб	62,1 53,5	11,9 10,2	13,115 11,3085	21,1 21,1	6,532 5,6323	10,5 10,5
М'яколистяні	138,8	20,0	19,5878	14,1	9,7548	7,0
Всього	588,5	115,4	104,3995	17,7	51,8736	8,8
Житомирська область (держлісфонд)						
Хвойні	394	104,5	66,8786	17,0	33,2109	8,4
Твердолистяні, у т. ч. дуб	124,4 118,6	28,6 27,3	23,483 22,458	18,9 18,9	11,6974 11,1868	9,4 9,4
М'яколистяні	142,1	23,4	16,9993	12,0	8,4666	6,0
Всього	660,6	156,4	107,361	16,3	53,3749	8,1
Житомирська область (ліси «Житомироблагроліс»)						
Хвойні	122,3	28,7	17,9313	14,7	8,8902	7,3
Твердолистяні, у т.ч. дуб	21,0 16,5	5,8 3,3	4,7973 2,6958	22,8 16,4	2,3898 1,3429	11,4 8,2
М'яколистяні	115,3	16,4	12,3929	10,7	6,1655	5,3
Всього	258,7	50,9	35,1216	13,6	17,4454	6,7

За площею і запасом стовбурової деревини у Правобережному Поліссі переважають хвойні породи, з них – сосна звичайна (98,8 % за площею). У Волинській області хвойні займають 58,0 % за площею та 67,5 % – за запасом стовбурової деревини. У Рівненській області – 65,8 % площі та 72,4 % запасу, а в Житомирській області – 59,6 % площі і 66,7 % запасу. Отже, ця група лісотвірних порід у лісах регіону досліджень утворює більшу частку в фітомасі (від 66,7 % до 72,4 %), ніж займає площу (від 58,0 % до 65,8 %), і є більш продуктивною, ніж насадження регіону в цілому. У фітомасі хвойних порід Західного Полісся, що входять до складу Держлісагентства, міститься 89,2 млн т вуглецю, або 64,9 % від його загальної кількості. Щільність вуглецю хвойних порід змінювалася від 8,0 кг/м² у Волинській області до 9,3 кг/м² – у Рівненській.

Твердолистяні ліси, у яких дуб звичайний становить 92,0 % площі і запасу стовбурної деревини, у лісах Держлісагентства України займають у Волинській області площу 64,7 тис. га, із запасом 12,6 млн м³, у Рівненській – 62,1 тис. га із запасом 11,9 млн м³ і в Житомирській – 124,4 тис. га із запасом 28,6 млн м³. У відсотковому відношенні це становить від 10,6 % до 18,8 % за площею та від 10,7 % до 18,3 % за запасом, тобто твердолистяні ліси мають запас на 1 га близький до середнього по регіону (*Lakyda et al.*, 2016; *Ivaniuk*, 2017; *Ivaniuk & Landin*, 2019).

Показники щільності фітомаси дуба звичайного (див. табл. 1) в твердолистяних лісах усіх областей перевищують загальний середній показник щільності фітомаси та показники щільності по групі хвойних порід. Найбільшим він є у дубняках Рівненської області – 21,1 кг/м², що на 19,2 % перевищує середнє значення по області (17,7 кг/м²). У дубових насадженнях Житомирської області щільність фітомаси сягає 18,9 кг/м², що на 15,9 % вище середнього, у Волинській 16,1 кг/м², що також вище середнього, але на 8,7 %.

Щільність вуглецю в насадженнях твердолистяних порід становить у Волинській області 8,0 кг/м², у Рівненській – 10,5 кг/м² і у Житомирській – 9,4 кг/м². Щільність вуглецю у дубових деревостанах Правобережного Полісся, в тому числі у дубняках Житомироблагролісу (ЖОКАП), вища ніж у хвойних та м'яколистяних насадженнях. У порівнянні із загальною щільністю вуглецю в лісах регіону щільність у дубових насадженнях вища: у Волинській області

на 9,6 %; у Рівненській на 19,1 %; у Житомирській на 16,1 %; в лісах ЖОКАП на 22,4 %. Це вказує на доцільність розширення площі дубових насаджень у Правобережному Поліссі не лише з огляду на їх господарську цінність, а й важливу екологічну роль, зокрема здатність забезпечувати максимальні показники щільності вуглецю на 1 га. Дубові деревостани регіону досліджень практично не поступаються за продуктивністю і здатністю виконувати екологічні функції перед дубняками Поділля, де більш сприятливі умови для зростання дуба звичайного. Так, середній запас дубових деревостанів Вінницької, Хмельницької та Тернопільської областей становить 234 м³/га, 215 м³/га і 207 м³/га, відповідно, а Волинської, Рівненської та Житомирської – 197 м³/га, 190 м³/га і 230 м³/га (*Dovidnyk ...*, 2012). До того ж, різниця між даними середньозважених запасів дубових лісів Полісся та Поділля незначна та становить лише 1,2 %.

Досить значну частку у лісовому фонді Західного та Центрального Полісся займають м'яколистяні породи, насадження яких мають найменший запас, порівняно з іншими групами порід. Зокрема, у Волинській області, займаючи площу 27,3 % вкритої лісовою рослинністю ділянок, їх частка у запасі лісових насаджень становить лише 19,4 %; у Рівненській області при 9,1 % загальної площі запас 8,8 %, а у Житомирській – 21,4 % площі і 15,0 % загального запасу. Маючи найменші показники запасу стовбурової деревини, насадження м'яколистяних видів характеризуються найменшою щільністю вуглецю на одиницю площі. Зокрема, у Волинській області вона становить 5,6 кг/м², у Рівненській – 7,0 кг/м² і в Житомирській – 6,0 кг/м².

Наведені дані вказують на те, що для підвищення продуктивності лісів Правобережного Полісся та покращення ефективності виконання ними екологічних функцій, лісогосподарські заходи повинні бути спрямованими на корегування площ м'яколистяних порід.

Із загальної площі лісових ділянок, яка за даними останнього обліку лісів України становить 10785,3 тис. га (*Dovidnyk ...*, 2012), 566,2 тис. га, або 5,2 %, знаходилися у підпорядкуванні Міністерства аграрної політики та продовольства України (нині Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства) та обласних рад. Переважна більшість цієї площі зайнята лісовими насадженнями, які

були створені на землях колишніх колгоспів і радгоспів, в тому числі, на землях, що з різних причин вийшли із сільськогосподарського використання. Дані насаджень мають специфічні особливості росту, розвитку та накопичення біомаси, у якій акумулюються вуглецеві сполуки.

У табл. 1 наведено дані про фітомасу і депонований у ній вуглець лісогосподарських підприємств Житомироблагролісу. Ці ліси займають площу 258,7 тис. га, мають великий запас стовбурової деревини – 50,9 млн м³, а їх фітомаса становить 35,1 млн т. Розподіл лісів Житомироблагролісу за групами лісотвірних порід вказує на неналежне, у свій час, ведення лісового господарства, зокрема, через велику частку м'яколистяних порід (44,6 % за площею і 32,2 % – за запасом) та значно меншу, порівняно з лісами Держлісагентства, частку хвойних (47,3 % за площею і 56,4 % – за запасом) та твердолистяних порід (8,1 % за площею і 11,4 % – за запасом) (Ivaniuk & Landin, 2019). Внаслідок цього у лісах Житомироблагролісу виявився найменший середній запас стовбурової деревини – 196,8 м³/га, тоді як у лісах Держлісагентства Волинської області цей показник становить 220,8 м³/га, Рівненської – 264,18 м³/га, а Житомирської – 236,8 м³/га.

Найнижчі показники запасу стовбурової деревини лісових насаджень Житомироблагролісу, у порівнянні з лісами Держлісфонду, очевидно є причиною найменшої щільності вуглецю у м'яколистяних лісах (5,3 кг/м²) та в цілому – 6,7 кг/м². Такі насадження очевидно доцільно замінити на хвойні і твердолистяні, які, маючи більш цінну деревину, відзначаються вищою продуктивністю та вищою щільністю вуглецю на одиницю площі.

Висновки

1. У Правобережному Поліссі досліджувані ліси продукували 419,5 млн м³ запасу стовбурної деревини та акумулювали 154,9 млн т вуглецю, найбільша фітомаса накопичена у держлісфонді Житомирської області – 156,46 млн м³, де й найбільше депоновано вуглецю – 53,37 млн. т.

2. Основну частку фітомаси формують насадження хвойної групи лісотвірних порід, з яких 98,8 % становить сосна звичайна, що містить 89,3 млн т депонованого вуглецю, або 64,9 % загального в регіоні. Щільність вуглецю хвойних порід не є стабільною та змінюється у лісах областей від 8,0 кг/м² (у Волинській) до

9,3 кг/м² (у Рівненській).

3. Показники щільності вуглецю в дубових деревостанах знаходяться у межах від 8,0 кг/м² (Волинська область) до 10,5 кг/м² (Рівненська область), що суттєво перевищує показники щільності м'яколистяних та хвойних лісів. У порівнянні із загальною щільністю вуглецю у лісах регіону, щільність в дубових насадженнях вища: у Волинській області на 9,6 %; у Житомирській – на 16,1 %; у Рівненській на – 19,1 %; у лісах ДП «Житомироблагроліс» на 22,4 %.

4. Проведена оцінка біопродуктивності лісів Правобережного Полісся України вказує на резерви щодо покращення виконання ними екологічних функцій у разі заміни малопродуктивних м'яколистяних насаджень на деревостани з більш цінних деревних порід, у тому числі, на дубові, які мають вищу деревну продуктивність та щільність вуглецю.

Перспективи подальших досліджень будуть направлені на визначенні біопродуктивності інших компонентів лісових насаджень як складової лісових екосистем, з метою встановлення їх ролі у системі факторів впливу на навколишнє середовище.

References

- Bala, O. P., Lakyda, P. I., Matushevych, L. M. & Lakyda, I. P. (2018). Produktsiia fitomasy dubovykh derevostaniv Ukrainiskoho Polissia [Live biomass production in Common oak stands of Ukrainian Polissia]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy*, 17, 85-92 [in Ukrainian]. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2018_17_11. doi: <https://doi.org/10.15421/411823>
- Bilous, A. M. & Kotliarevska, U. M. (2017). Struktura biomasy vilkhovykh nasadzhen Ukrainiskoho Polissia [The Biomass Structure of Alder Plantations of Ukrainian Polissya]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 27 (9), 14–18 [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.15421/40270902>.
- Hensiruk, S. A. (2002). *Lisy Ukrainy* [Forests of Ukraine]. Lviv [in Ukrainian].
- Ivaniuk, I. D. & Landin, V. P. (2019). Suchasnyi stan i produktyvnist nasadzhen duba zvychainoho (*Quercus robur* L.) u lisovomu fondi KP «Zhytomyroblagrolis». [Current state and productivity of common oak stands (*Quercus robur* L.) in the forest fund "Zhytomyroblagrolis"]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 1, 23–28 [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163243>.

Ivanyuk, I. D. (2017). Sostoyaniye i produktivnost dubovykh drevostoyev Pravoberezhnogo Polesia Ukrainy [State and productivity of oak stands in Right-bank Polesie of Ukraine]. *Sbornik nauch. trudov [Institut lesa Natsionalnoy akademii nauk Belarusi] / Nats. akad. nauk Belarusi*, 77, 299–307 [in Russian].

Kotliarevska, U. M. & Bilous, A. M. (2017). Deponovanyi vuhlets ta zapas enerhii u hrubomu derevnomu detryti vilkhovykh lisiv Ukrainskoho Polissia. [Deposited Carbon and Energy Stock in Coarse Woody Debris of Alder Forests in Ukrainian Polissya]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 27 (4), 39–43 [in Ukrainian]. doi: <https://doi.org/10.15421/40270408>.

Lakyda, P. I. (2002). Fitomasa lisiv Ukrainy [Phytomass of Ukrainian forests]. Ternopil : Zbruch [in Ukrainian].

Lakyda, P. I., Bala, O. P., Matushevych, L. M. & Ivaniuk, I. D. (2016). Suchasnyi stan i produktyvnist dibrov Ukrainskoho Polissia [Current state and productivity of oak stands in Ukrainian Polissya]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia*, 129, 32–39 [in Ukrainian].

Lakyda, P. I., Bala, O. P., Matushevych, L. M., Lakyda, I. P. & Ivaniuk, I. D. (2018). Lisivnycho-ekolohichniy potentsial dibrov Polissia Ukrainy

[Silvicultural and ecological potential of oak stands in Ukrainian Polissya]. Korsun-Shevchenkivskiy : Maidachenko I. V. [in Ukrainian].

Malynskiy lisotekhnichnyi koledzh (2018). Stiikist ta produktyvnist lisovykh nasadzen v umovakh tekhnogenezu Zhytomyrskoho Polissia [Stability and productivity of forest plantations in terms of technogenesis in Zhytomyr Polissya]: Zvit pro naukovo-doslidnu robotu. Malyn [in Ukrainian]

Matushevych, L. M. & Lakyda, P. I. (2016). Typolohichna struktura dubovykh derevostaniv Skhidnogo Polissia Ukrainy [Typological structure of oak stands of the Eastern Polesie of Ukraine]. *XIV Pohrebniakovski chytannia : materialy dop. Vseukr. nauk.-prakt. konf. pryurochenoi do 50-richchia UkrNDIhirlis ta 10-richchia kaf. Lisoznavstva PNU (12-14.05.2016 r.)*. (pp. 106-110). Ivano-Frankivsk : NAIR [in Ukrainian].

Ukr. derzh. proektne vyrobnyche obiednannia (2012). Dovidnyk z lisovoho fondu Ukrainy [Handbook of the forest fund of Ukraine]: Za materialamy derzh. obliku lisiv stanom na 10.01.2011 r. Irpin : Ukrderzhlisproekt [in Ukrainian].

Yukhnovskiy, I. R. (Ed.). (2003). Lisove hospodarstvo Ukrainy : problemy ta perspektyvy [Ukrainian Forestry: Problems and Prospects]. Kyiv [in Ukrainian].