

ПІЗНАННЯ ПРОВІНЦІЙНИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ ЧЕРЕЗ ГРАВІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЇХ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Руденко С.В.¹, Руденко В.П.², Руденко С.С.³

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, 58002, м. Чернівці

³Донецький національний університет імені Василя Стуса
вул. 600-річчя, 21, 21021, м. Вінниця

rudenkostepan@gmail.com, v.rudenko@chnu.edu.ua, rudenko.prof.eco@gmail.com

Досліджуються гравітаційні моделі природно-ресурсного потенціалу (ПРП) провінційних екосистем України. ПРП екосистем розглядається як сукупна продуктивність їх природних ресурсів-засобів виробництва і предметів споживання, що виражається в їх суспільній споживній вартості. ПРП екосистем України, що охоплює мінеральні, водні, земельні, лісові, фауністичні, природні рекреаційні ресурси, оцінений на 1.01.2022 р. Стверджується, що одним із важливіших підходів екосистемного аналізу у з'ясуванні наявних та прихованих взаємозв'язків між ПРП провінційних екосистем України є використання його так званих «гравітаційних моделей», моделей, що описуються рівняннями залежності тяжіння між двома тілами, виходячи з їх маси та відстані між ними. Для кількісного визначення меж рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем України пропонується «гравітаційна формула» Вільяма Джона Рейлі, у якій за «масу» взята величина природно-ресурсного потенціалу екосистем (у цінах 2015–2021 рр.), а відстанню є віддаль між геометричними центрами цих екосистем. Встановлені межі рівноваги, «точки розвитку», «граничні лінії між зонами впливу» ПРП чотирнадцятих провінційних екосистем України. Так, зокрема, констатується, що межі рівноваги у взаємодії ПРП пролягають на відстані 284 км від ядра Донецької до ядра Причорноморської екосистеми і на відстані 168 км від ядра Причорноморської до ядра Донецької екосистеми. «Гранична лінія» між зонами впливу ПРП Східно-Української та ПРП Причорноморської екосистеми проходить по 257 км, в той час як потенціал Причорноморської має «точку розриву» на 163 км стосовно потенціалу Східно-Української провінційної системи. ПРП Західно-Української екосистеми має вплив на ПРП Поліської екосистеми на відстані у 119 км, у той час потенціал Поліської екосистеми урівноважується у своїй зоні впливу на Західно-Українську екосистему на 126 км. Такі залежності пояснюються впливом одна на одну величини («маси») ПРП провінційних екосистем. *Ключові слова:* природно-ресурсний потенціал, провінційні екосистеми України, гравітаційні моделі Вільяма Рейлі.

Cognition of provincial ecosystems of Ukraine through gravity models of their nature-resource potential. Rudenko S., Rudenko V., Rudenko S.

Gravity models of nature-resource potential (NRP) possessed by provincial ecosystems of Ukraine have been put under analysis. The NRP of the ecosystems is considered as total productivity of their nature resources – means of production and items of consumption expressed in their social use value. The NRP of ecosystems of Ukraine that covers mineral, water, land, forest, fauna and natural recreation resources, was estimated as of 01.01.2022. It is asserted that application of its so-called “gravity models”, the ones described by the equity of dependence of gravity between two bodies proceeding from their masses and distance between them, is among the most important approaches in ecosystems analysis to help disclose available and hidden interlinks between NRPs of provincial ecosystems of Ukraine. The “gravity formula” by William John Riley where the value of nature-resource potential of ecosystems (in 2015–2021 prices) is taken as the “mass”, and the space between geometrical centers of ecosystems is taken as distance, was suggested to quantitatively define the boundaries of balance between the fields of gravity of NRPs of provincial ecosystems of Ukraine. Thus, the boundaries of balance, “points of discontinuity”, “margin lines between the zones of influence” of NRPs of 14 provincial ecosystems of Ukraine have been established. In particular, it was found that the boundaries of balance in NRP interaction spread for 284 km from the core of the Donetsk to the core of the Prychornomorskyu provincial ecosystems, and for 168 km from the core of the Prychornomorskyu to the core of the Donetsk provincial ecosystems. The “margin line” between the zones of influence of NRP of the East-Ukrainian ecosystem on NRP of the Prychornomorskyu ecosystem lies on the 257th km, whereas the potential of the Prychornomorskyu ecosystem has the “point of discontinuity” at the 163rd km with regard to the East-Ukrainian provincial ecosystem. The NRP of the West-Ukrainian ecosystem has the strong effect on the NRP of the Polissia ecosystem at the distance of 119 km. At the same time, the potential of the Polissia ecosystem is balanced in its zone of influence on the West-Ukrainian ecosystem for 126 km. Such dependencies are explained by the mutual effect of the value (“mass”) of the NRP of provincial ecosystems. *Key words:* nature-resource potential, provincial ecosystems of Ukraine, William Riley’s gravity models.

Постановка проблеми. Провінційні екосистеми України, ототожені М.А. Голубцем з фізико-географічними провінціями (краями), характеризуються їм притаманним цілісним, своєрідним, впорядкованим

природно-ресурсним потенціалом (ПРП), що сформувався впродовж багатьох тисячоліть під дією природних, антропогенних та природно-антропогенних чинників [1; 2]. ПРП території (акваторії), у нашому

розумінні, розглядається як сукупна продуктивність її природних ресурсів – засобів виробництва і предметів споживання, що виражається у їх суспільній споживній вартості. Єдиним мірилом оцінки ПРП, що охоплює мінеральні, водні, земельні, лісові, фауністичні, природні рекреаційні ресурси, є вартісні (грошові) показники.

Отож, ПРП провінційних екосистем України, кожен з яких є унікальним, має свої специфічні величини, структурну побудову, здійснює, безсумнівно, прямий і опосередкований вплив на своє оточення, на потенціал природних ресурсів своїх близьких і більш віддалених сусідів. Ті ж, у свою чергу, не в меншій мірі справляють зворотній вплив, що теж, безперечно, є зрозумілим. **Здійснити перехід від якісних оцінок до кількісного визначення міри тяжіння між ПРП провінційних екосистем України – головне завдання, мета, досягнути яку поставили перед собою автори даної публікації.**

Актуальність дослідження. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Пізнання, виявлення, з'ясування наявних чи прихованих взаємозв'язків між ПРП провінційних екосистем України є актуальним напрямом екосистемного аналізу та синтезу, оскільки дозволяє оцінити, з одного боку, складні механізми внутрішньої самоорганізації природно-ресурсних комплексів, а з другого боку, – підійти до розуміння впливу на них законів та закономірностей суспільного розвитку.

Одним з важливих підходів у цьому напрямі, на нашу думку, є використання для наукового пошуку так званих «гравітаційних моделей». Гравітаційні моделі в екологічних науках отримали свою назву через схожість з рівняннями, які відображають закон гравітації у фізиці. М. Гродзинський відзначав, що описання взаємодії «між місцями за допомогою формальних виразів, які «підозріло» нагадують фізичні (гравітаційні або електростатичні) моделі, не варто розглядати як механічне запозичення цих моделей з фізики. Гравітаційна модель, хоч вперше й була винайдена Ньютоном, та має ширший зміст, аніж рівняння залежності тяжіння між двома тілами від їх маси та відстані» [3, с. 391].

Так, як відомо, В. Айзард в «економічному ландшафті» описував взаємодію між двома населеними пунктами, взявши за основу людність міст як аналог їх «маси» та відстань між містами [4]. А.П. Голіков пропонує використовувати гравітаційні моделі при вивченні потоків і територіальної спрямованості перевезень, дослідженні забезпеченості території певними ресурсами з врахуванням доступності до них, розрахунку гідрографічного потенціалу і т.п. [5]. Гравітаційні моделі використовуються і для оцінки інтенсивності біотичних потоків вздовж біокоридорів. Ця інтенсивність буде тим більшою, чим більшим буде розмір біоцентрів і чим ширшим і коротшим буде біокоридор між ними [3, с. 355].

На підставі дії фізичного закону гравітації, Вільям Джон Рейлі в період 1929–1931 рр. запропонував для визначення меж торговельної зони навколо міст взяти за основу кількість населення кожного з міст і відстань між ними. Його модель така [6, с. 70–71; 7]:

$$\frac{Ba}{Bb} = \left(\frac{Pa}{Pb} \right)^N \times \left(\frac{Db}{Da} \right)^n,$$

де **Ba** – бізнес, який місто А отримує від проміжного міста Т,

Bb – бізнес, який місто В отримує від проміжного міста Т,

Pa – населення міста А,

Pb – населення міста В,

Da – відстань від міста А до проміжного міста Т,

Db – відстань від міста В до проміжного міста Т,

N – показник ступеня, що вказує на швидкість, з якою зовнішня торгівля міста зростає зі збільшенням населення цього міста,

n – показник ступеня, який вказує на швидкість, при якій зовнішня торгівля, яку залучає місто, зменшується зі збільшенням відстані від міста.

Сформульований Вільямом Джоном Рейлі «закон тяжіння роздрібної торгівлі» широко використовується нині у демографічних, соціальних, екологічних дослідженнях. Йдеться, зокрема, про визначення рівноважних станів у взаємовідносинах між суспільством і природою, пізнання закономірної підпорядкованості в ієрархічних рядах екосистем, оцінку запасів їхньої стійкості та здатності до самовідновлення і т.і. [8; 9; 10].

Викладення основного матеріалу. Отже, взявши за основу «гравітаційну формулу» Рейлі, М.Д. Гродзинський пропонує визначати межі між полями впливу двох місць-плям-біоцентрів за таким виразом [3, с. 392]:

$$I_{jk} = \frac{D_{ij}}{1 + \sqrt{\frac{P_i}{P_j}}}$$

де I_{jk} – відстань точки рівного впливу місць “i” та “j”, що відраховується від положення місця “j”;

D_{ij} – відстань між місцями “i” та “j”;

P – змінна, яка описує місця “i” та “j” (наприклад, запаси біомаси, різноманіття видового складу біоцентрів, чисельності окремих популяцій у біоцентрах “i” та “j” тощо).

Цей підхід застосований нами для реалізації мети дослідження-визначення меж рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем України.

За «масу» – змінну **P**, яка описує місця “i” та “j” взята величина природно-ресурсного потенціалу (у цінах 2015–2021 рр.) провінційних екосистем України (див. табл. 1) [11, с. 86–88]. **D** – відстань між місцями “i” та “j” – розрахована нами як відстань між геометричними центрами 14 провінційних екосистем України (див. табл. 2).

Таблиця 1

Природно-ресурсний потенціал біом та провінційних екосистем (за М. Голубцем) України у сучасному вимірі (у цінах 2015–2021 рр.)

Біом, провінційні екосистеми	Величина потенціалу (млрд. грн.)						Сумарний
	Мінеральні	Водні	Земельні	Лісові	Фауністичні	Природні рекреаційні	
Східно-Європейська рівнина	383,613	153,152	591,308	40,506	6,487	104,679	1279,745
Біом мішаних лісів	6,042	26,119	64,537	17,796	0,807	14,045	129,346
Поліська	6,042	26,119	64,537	17,796	0,807	14,045	129,346
Біом широколистяних лісів	8,272	16,911	72,927	5,877	0,414	10,460	114,861
Західно-Українська	8,272	16,911	72,927	5,877	0,414	10,460	114,861
Лісостеповий біом	21,790	36,906	214,935	12,023	2,411	26,947	315,012
Подільсько-Придніпровська	7,754	17,169	117,908	6,363	1,086	11,837	162,117
Лівобережно-Дніпровська	10,409	13,962	72,756	3,346	1,051	7,387	108,911
Східно-Українська	3,627	5,774	24,272	2,313	0,274	7,724	43,984
Степовий біом	347,509	73,216	238,909	4,810	2,855	53,227	720,526
Північностеповий біом	333,716	37,045	148,374	3,839	1,970	31,805	556,749
Дністровсько-Дніпровська	54,681	10,807	55,607	0,481	0,610	9,254	131,440
Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська	70,594	12,990	50,869	1,205	0,677	9,964	146,299
Донецька	157,399	7,935	25,722	0,998	0,238	7,481	199,773
Задонецько-Донська	51,044	5,313	16,332	1,154	0,445	5,106	79,394
Середньостеповий біом	6,513	12,136	43,454	0,300	0,346	7,305	70,054
Причорноморська	6,513	12,136	43,454	0,300	0,346	7,305	70,054
Південностеповий біом	7,280	24,035	47,081	0,671	0,539	14,117	93,723
Причорноморсько-Приазовська	1,144	9,782	23,310	0,418	0,285	4,149	39,088
Кримська степова	6,136	14,253	23,771	0,253	0,254	9,968	54,635
Кримська гірська	2,530	2,111	8,996	1,257	0,041	11,014	25,949
Українські Карпати	8,179	27,216	19,095	16,430	0,083	18,846	89,849
Україна	394,322	182,479	619,399	58,193	6,611	134,539	1395,543

Використавши «гравітаційне» рівняння, отримуємо таку кількісну оцінку меж рівноваги між полями тяжіння природно-ресурсного потенціалу провінційних екосистем України, що відображена у табл. 3. Слід зразу ж вказати на таку особливість табл. 3: вона характеризує відстань, на яку ПРП так званих «периферійних» провінційних екосистем (розміщених по вертикалі таблиці) впливає на ПРП «центральної» (оцінюваної) екосистеми. Наприклад, ПРП Західно-Української екосистеми має вплив на ПРП «центральної» (оцінюваної) Поліської екосистеми на відстані у 119 км, Подільсько-Придніпровської на Поліську – на відстані 140 км, Лівобережно-Дніпровської на Поліську на відстані уже в 164 км, а Донецької на Поліську – уже на 403 км і т.д. У той же час ПРП взятої за приклад «центральної» Поліської екосистеми має таку силу впливу на ПРП провінційних екосистем (розміщених у таблиці 3 по горизонталі): на Західно-Українську –

на 126 км, Подільсько-Придніпровську – на 125 км, Лівобережно-Дніпровську – на 252 км, Донецьку – на 325 км і т.д.

Для більшої наочності проілюструємо межі рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем України графічно на прикладі трьох екосистем, що розташовані у центральній частині держави – Подільсько-Придніпровської, північної – Поліської та південної – Причорноморської (див. рис. 1–3).

Як видно з табл. 3 та рис. 1–3, межі рівноваги між ПРП провінційних екосистем України визначаються його величиною, «масою». Чим більшим є обсяг ПРП однієї з двох порівнюваних провінційних екосистем, тим сильнішим є його вплив на свого сусіда. Межі рівноваги у взаємодії ПРП або, за В.Д. Рейлі, «точки розриву», «граничні лінії між двома зонами впливу» потенціалу провінційних екосистем пролягають на відстані 284 км від ядра Донецької до ядра Причорноморської і на від-

Таблиця 2

Відстані (у кілометрах) між ядрами провінційних екосистем (природних країв) України

Поліська														
245	Західно-Українська													
266	350	Подільсько-Придніпровська												
343	546	263	Лівобережно-Дніпровська											
483	693	406	151	Східно-Українська										
420	508	168	294	385	Дністровсько-Дніпровська									
616	770	427	308	263	312	Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська								
728	910	571	396	291	466	161	Донецька							
725	924	602	385	249	525	242	116	Задонецько-Донська						
490	571	245	350	420	77	298	452	525	Причорноморська					
602	676	343	413	462	175	273	420	511	105	Причорноморсько-Приазовська				
725	798	473	518	543	305	301	427	536	235	130	Кримська степова			
784	851	536	592	613	371	371	480	592	294	193	70	Кримська гірська		
399	165	455	683	826	616	879	1019	1050	637	728	847	886	Українські Карпати	

Таблиця 3

Межі рівноваги між полями тяжіння природно-ресурсного потенціалу провінційних екосистем України (в км)

Провінційні екосистеми	Поліська	Західно-Українська	Подільсько-Придніпровська	Лівобережно-Дніпровська	Східно-Українська	Дністровсько-Дніпровська	Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська	Донецька	Задонецько-Донська	Причорноморська	Причорноморсько-Приазовська	Кримська степова	Кримська гірська	Українські Карпати
Поліська		126	125	252	305	209	298	325	407	282	388	439	541	218
Західно-Українська	119		160	277	428	245	362	392	505	321	427	472	577	88
Подільсько-Придніпровська	140	190		145	267	88	219	271	354	148	230	299	383	261
Лівобережно-Дніпровська	164	269	118		92	140	143	168	208	194	258	303	398	358
Східно-Українська	178	265	139	59		141	93	93	106	186	238	257	347	340
Дністровсько-Дніпровська	211	263	80	154	244		152	209	295	45	113	185	257	337
Лівобережно-Дніпровсько-Приазовська	318	408	208	165	170	160		74	139	176	180	187	261	493
Донецька	403	518	300	228	198	257	87		71	284	291	280	353	610
Задонецько-Донська	319	419	248	177	143	230	103	45		271	300	293	377	509
Причорноморська	208	250	239	156	234	32	122	168	254		60	125	183	299
Причорноморсько-Приазовська	214	249	113	155	224	62	93	129	211	45		110	106	289
Кримська степова	286	326	126	196	286	120	114	147	243	110	70		41	371
Кримська гірська	242	274	153	176	266	114	110	157	215	111	87	29		310
Українські Карпати	181	77	194	325	486	279	386	409	541	338	439	476	576	

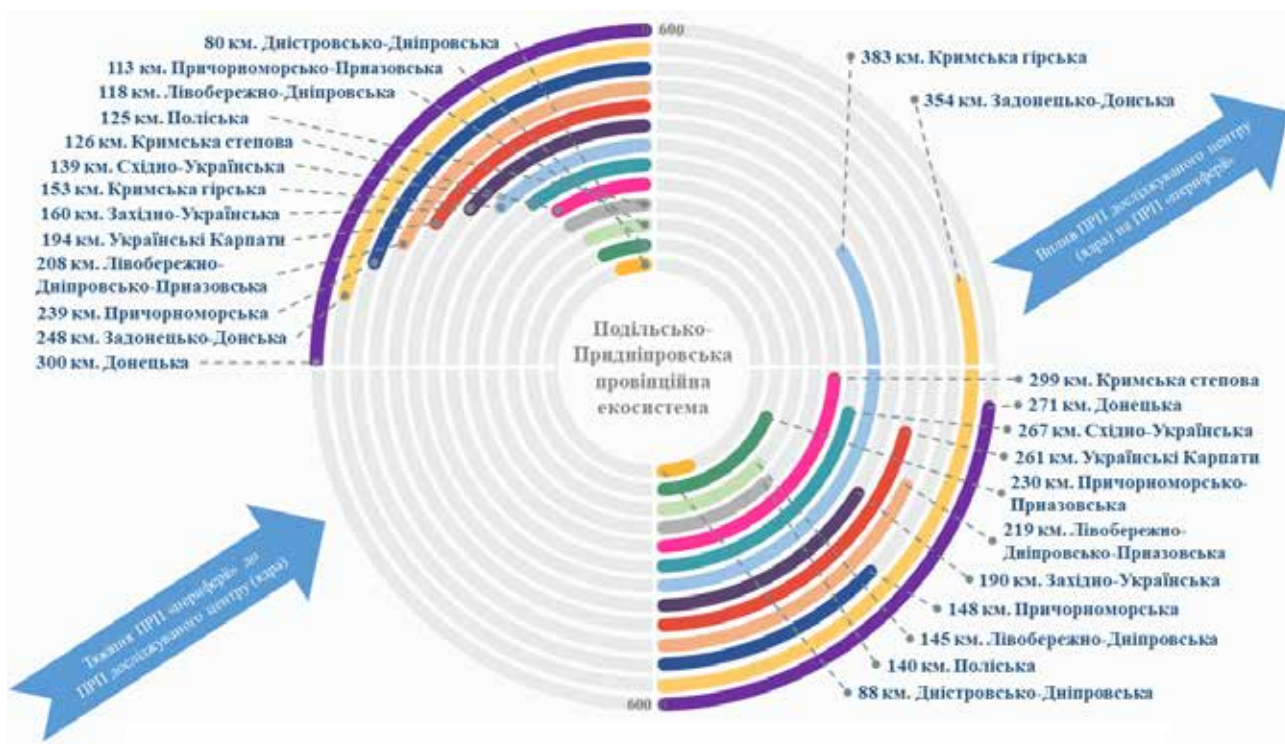


Рис. 1. Межі рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем у Подільсько-Придніпровському краї (в км)

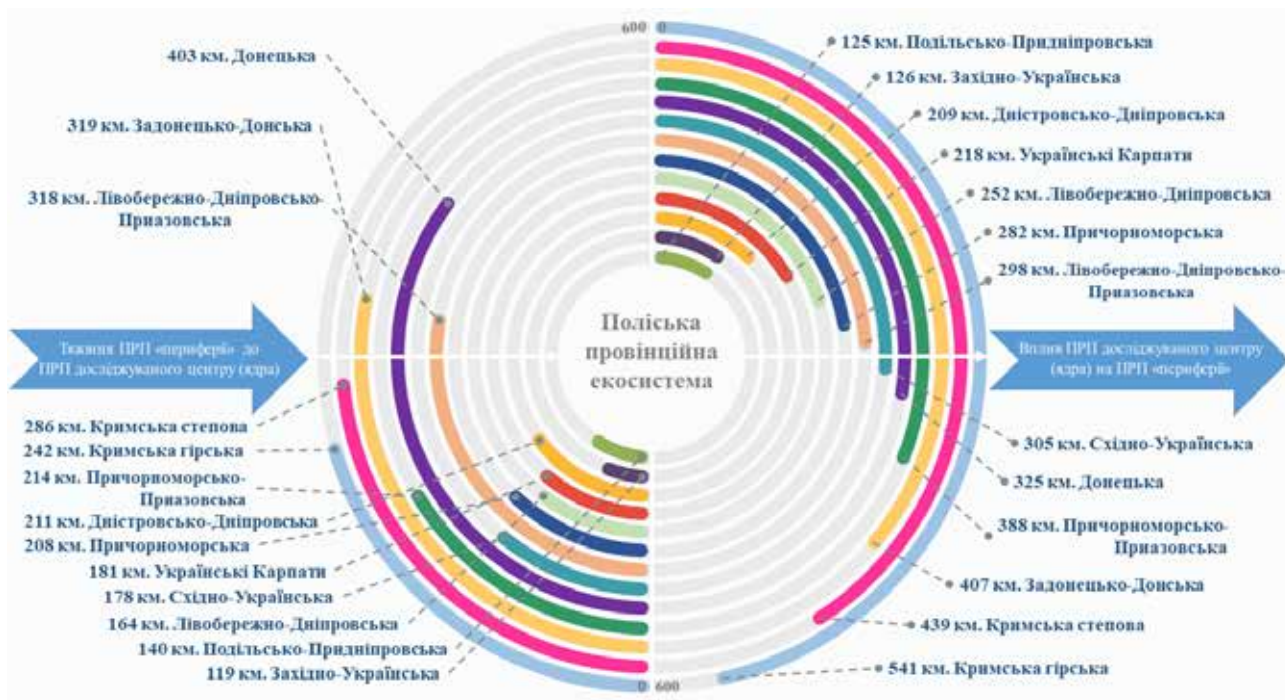


Рис. 2. Межі рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем у Поліському краї (в км)

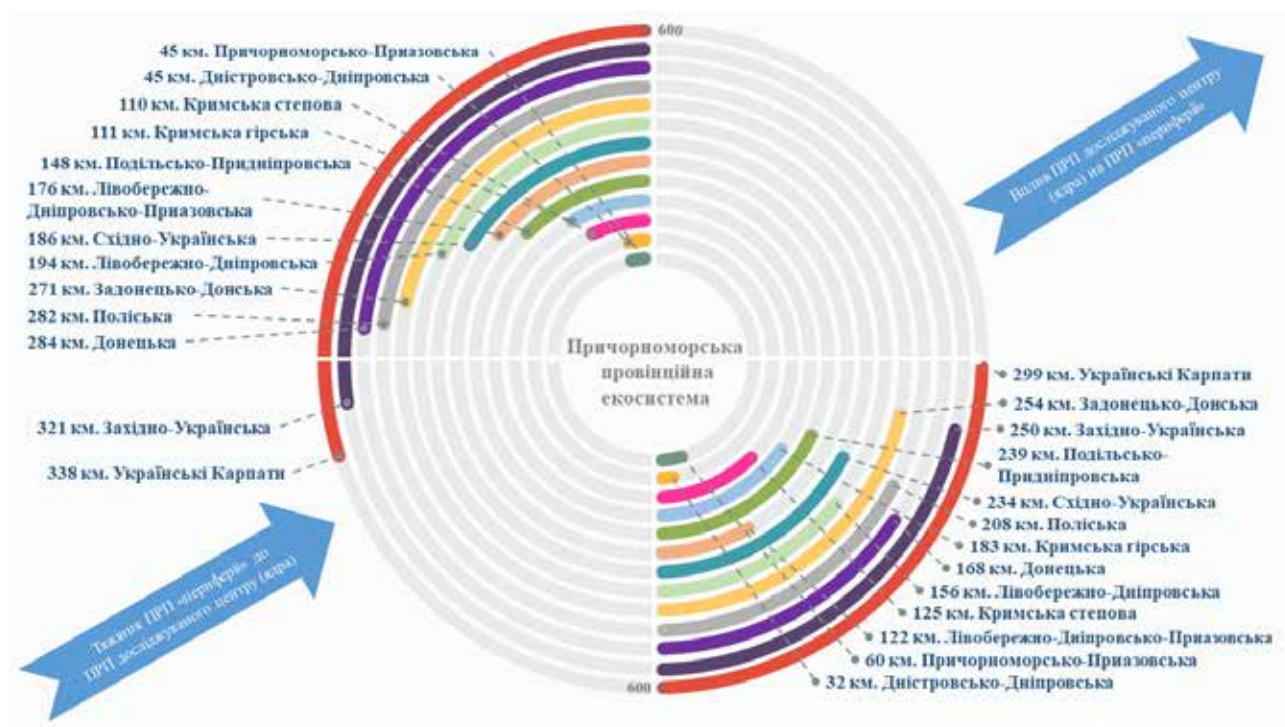


Рис. 3. Межі рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем у Причорноморському краї (в км)

стані 168 км від ядра Причорноморської до ядра Донецької екосистеми. «Гранична лінія» між зонами впливу ПРП Східно-Української на ПРП Причорноморської екосистеми проходить по 257 км, в той час як потенціал Причорноморської має «точку розриву» на 163 км стосовно потенціалу Східно-Української провінційної екосистеми. І це зрозуміло – ПРП Східно-Української провінції є значно більшим за потенціал природних ресурсів Причорномор'я. Такі порівняння провінційних екосистем через аналіз гравітаційних моделей їх природно-ресурсного потенціалу можна, звичайно ж, продовжувати і деталізувати.

Висновки. Так звані «гравітаційні моделі» – моделі, що описуються рівнянням залежності тяжіння між двома тілами, виходячи з їх маси та відстані між ними, є одним із важливіших підходів екосистемного аналізу для з'ясування наявних та

прихованих взаємозв'язків між ПРП провінційних екосистем України.

Кількісну оцінку меж рівноваги між полями тяжіння ПРП провінційних екосистем України пропонується проводити за «гравітаційною формулою» Вільяма Джона Рейлі, у якій за «масу» береться величина природно-ресурсного потенціалу екосистем (у цінах 2015–2021 рр.), а відстанню є віддаль між геометричними центрами цих екосистем.

Визначені межі рівноваги, «точки розриву», «граничні лінії між зонами впливу» ПРП по чотирнадцятих провінційних екосистемах України, які словесно (для прикладу) по двох провінціях можна описати так: «граничні лінії» у взаємодії ПРП пролягають на відстані 284 км від ядра Донецької до ядра Причорноморської екосистеми і на відстані 168 км від ядра Причорноморської до ядра Донецької провінційної екосистеми.

Література

1. Голубець М.А. Екосистемологія. Львів: Поллі. 2000. 316 с.
2. Шищенко П.Г. Фізико-географічна провінція. Географ. енциклоп. України: В 3-х т. К.: Укр. енциклоп. ім. М.П. Бажана. 1993. Т.3. С. 340.
3. Гродзинський М.Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: Монографія. У 2-х т. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005. Т. 2. 503 с.
4. Isard W. Methods of Regional Analysis: on Introduction to Regional Science. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press. 1960. 835 p.
5. Голиков А.П. Економіко-математичне моделювання світогосподарських процесів: навч. посіб. К.: Знання. 2009. 222 с.
6. Reilly W.J. The law of retail gravitation. New York: Knickerbocker Press. 1931. 75 p.
7. Reilly, William J. Methods for the Study of Retail Relationships. Austin, Texas: Bureau of Labor Research. 1929. 50 p.
8. Голубець М.А. Вступ до геосоціосистемології. Львів: Поллі. 2005. 199 с.
9. Петлін, В.М. Гармонія організованості природних територіальних систем: монографія. Луцьк: Вид. центр СНУ ім. Лесі Українки, Простір-М. 2019. 516 с.
10. Gore Al. Ziemia na krawedzi. Czlowiek a ekologia. Warszawa ETNOS. 1996. 282 s.
11. Rudenko S., Rudenko V. Nature-Resources Potential of Natural Regions of Ukraine in Present-day Figures. Ecological Sciences. 2023. No. 6 (51).