УДК 911.2

Роман КУЛАЧКОВСЬКИЙ, Іван КРУГЛОВ

ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ПРИРОДНОЇ РОСЛИННОСТІ БАСЕЙНУ ВИТОКІВ РІЧКИ ПРУТ

Розкрито поняття природного морфогенезу геосистем для моделювання вегетації у ГІС середовищі. Едафічні чинники використовувались у моделюванні характеристик (похилу і увігнутості/опуклості) рельєфу, куди включались характеристики материнської породи та умов дренажу. Враховувались кліматичні чинники, що впливають на вегетацію, такі як річні суми активних температур і т.д. Інформація про екологічні взаємостосунки між цими чинниками та вегетаційною активністю була отримана шляхом вивчення літературних джерел і польових досліджень. За результатами моделювання було визначено, що переважаючим рослинним покривом території області були зайняті буково-ялицевими лісами. Перевірка результатів дослідження вказала на 75% точність такої моделі.

Ключові слова: *моделювання, природна рослинність, едафічні чинники.*

Постановка проблеми. У процесі дослідження природних ландшафтів важливим є отримання даних про кожний компонент (властивість) ландшафту та їхню взаємодію. Однією із гострих проблем є встановлення просторового розміщення біотичних компонентів, зокрема, фітоценотичних, як найбільш вразливих до антропогенного впливу. Сучасний рослинний покрив не дає нам повної характеристики фітоценотичних угруповань тих ландшафтів, які ще не зазнали господарського навантаження. Тому, на нашу думку, рослинність природних ландшафтів найкраще характеризувати через потенційну природну рослинність (ППР) [21].

Аналіз публікацій. Ландшафтознавці завжди використовували геоботанічний картографічний матеріал, що відображав актуальну рослинність. Але вже у 60-х роках минулого століття В.Б. Сочава звертає увагу радянських географів на важливість картування "спонтанної" рослинності [16], яку в Західній Європі називали "потенційною" [21]. Карти, що передають рослинність, яка могла б існувати якби не було зовнішніх впливів та незмінними залишались клімат, ґрунт та літолого-геоморфологічна основа, формують більш точне та повне уявлення про екологічні особливості та закономірності природного розташування рослинних угрупувань певного типу і лісогосподарський потенціал території.

На основі даних про праліси Українських Карпат М.А. Голубець відтворює рослинний покрив середини XVIII століття [3], а на його основі виділяє висотні рослинні пояси Українських Карпат [2]. Л.І. Мілкіна, використовуючи еколого-індикаційний метод реконструктивного фітокартографічного моделювання та метод кліматологічної індикації, визначила корінну рослинність північно-східного макросхилу Українських Карпат [10], а для басейну витоків річки Прут (БВП) опублікувала картосхему [18]. Унаслідок багатодисциплінарних досліджень, у рамках проекту "Трансформаційні процеси у Дністровському регіоні", І.С. Круглов створює середньомасштабний (1:250 000) геопросторовий шар природних морфогенних геоекосистем та виділяє ППР на весь басейн верхнього Дністра [7, 20].

Проблема. Отже для басейну витоків Прута немає великомасштабних геопросторових даних щодо потенційної природної рослинності. Таку саму ситуацію простежено і для всього північно-східного макросхилу Українських Карпат.

Мета публікації – на основі існуючих методик визначити потенційну природну рослинність природних геоекосистем басейну витоків річки Прут та відобразити її на цифровій великомасштабній карті.

Теоретичні засади дослідження. Під природними морфогенними геоекосистемами (ПМГЕС) розуміємо геопросторові екологічні моделі ландшафтів, які відображають взаємозв'язки форм рельєфу (як системоформуючого компонента) з іншими властивостями (компонентами) ландшафту [5], які є територіально однорідними в межах форми рельєфу. Адже згідно з класиками генетичного ландшафтознавства [15] рельєф є просторовим диференціатором локальних гідрокліматичних та біотичних умов. ПМГЕС розглядаємо як синоніми природних територіальних комплексів (ПТК), виділених на основі генетичних форм рельєфу (фацій, урочищ та місцевостей) [11].

У цій статті акцентуємо увагу на взаємозв'язку генетичних форм рельєфу та ґрунтотворних відкладів із біокліматом та біотичними компонентами. Природний фітоценоз, як біотичний компонент, виражаємо через ППР [7].

Територія дослідження. Басейн витоків річки Прут (БВП) знаходиться у південно-західній частині Українських Карпат та визначається місцем злиття Прута із потоком Озірний (див. рис. 1). Площа басейну становить 49,4 км². Абсолютні висоти коливаються в межах 900 м (впадіння потоку Озірний в річку Прут) та 2061 м (гора Говерла). БВП характеризується різноманітною геологічною будовою (алевроліти, аргіліти, пісковики, фліш, піщані вапняки, вапняки, мергелі, глини), складними формами рельєфу (пенепленізовані поверхні, нівальні та реліктові гляціальні форми рельєфу, круті гравітаційні схили, тераси різних рівнів), різноманітним біоценотичним покривом, що представлений листяними, мішаними і хвойними лісами, а також субальпійськими чагарниками й альпійськими луками [4, 14, 13, 18, 17, 19].

Матеріали. У досліджені використали: 1) векторний геопросторовий шар (ГПШ) ПМГЕС масштабу 1:50000, який несе інформацію про генетичні форми рельєфу (морфогенезис та морфографія), ґрунтотворні відклади (генезис та текстура), ґрунт (тип, потужність, скелетність), топобіоклімат (річні суми вегетативно активних температур більше 10° та опадів), едафічні умови (трофотоп та гігротоп) [8]; 2) опубліковані дані щодо висотних рослинних поясів [2]; 3) геопросторово прив'язані дані польових досліджень – 80 площадок описані протягом 2003–2006 років; 4) дані із регіональної літератури про природні умови досліджуваної території та екологічні взаємозв'язки рельєфу, рослинності та ґрунтів [4, 14, 13, 18, 17, 19].

Методи. Для відображення біокліматичної складової ПМГЕС, а отже і ППР, використано метод моделювання топобіоклімату та біокліматичних компонентів [7]. Суть полягає у геоекологічній інтерпретації взаємозв'язку властивостей (компонентів) ландшафту, визначення едафічних та кліматичних умов ПМГЕС і моделювання конкретних лісових (чи альпійських) субформацій, що відповідають цим екологічним умовам. Схематично алгоритм виділення ППР показано на рис. 2. Також застосовано методи польових геоекологічних (ландшафтних, ландшафтно-екологічних) досліджень, що забезпечують отримання фактичних даних про територію та дають краще розуміння взаємозв'язку форм рельєфу, ґрунтів та рослинності. Методика розроблена у Львівській ландшафтній школі [12] та дещо модифікована [6]. Усі дані із місць дослідження зазначали на спеціально розроблених бланках та вносили до геоекологічної бази даних [1]. Географічну прив'язку здійснювали за допомогою ГПС-приймача. Також згідно з даними польових досліджень, проведено верифікацію результатів моделювання ППР.

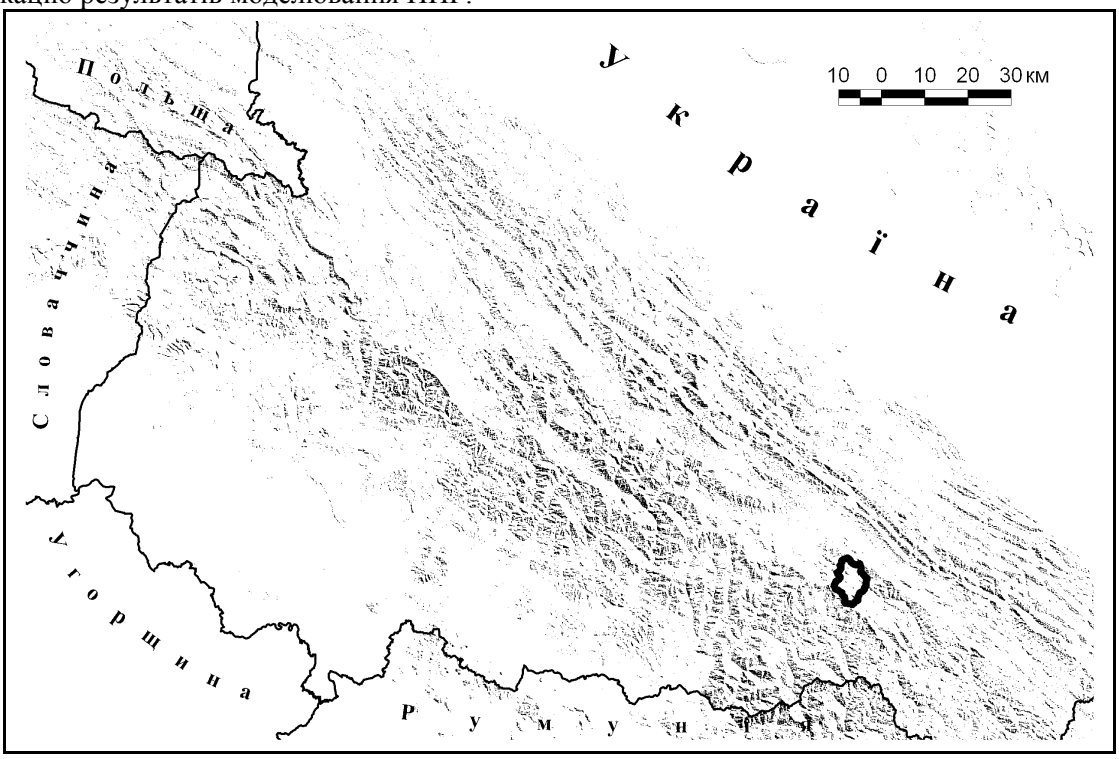

Рис. 1. Географічне положення БВП (басейн виділено потовщеною лінією)

Результати дослідження. Аналізуючи публікації та дані польових досліджень, встановили притаманні субформації кожного біокліматичного поясу БВП. Їхній розподіл за біокліматичними поясами представлений у таблиці 1.

Для кожної ГЕС проаналізували дренажні властивості форми рельєфу та ґрунтотворних відкладів, ґрунт, едафічні умови та біоклімат і встановили закономірності поширення ППР. До кожного індивідуального полігону векторного ГПШ ПМГЕС додали атрибути відповідної рослинної субформації.

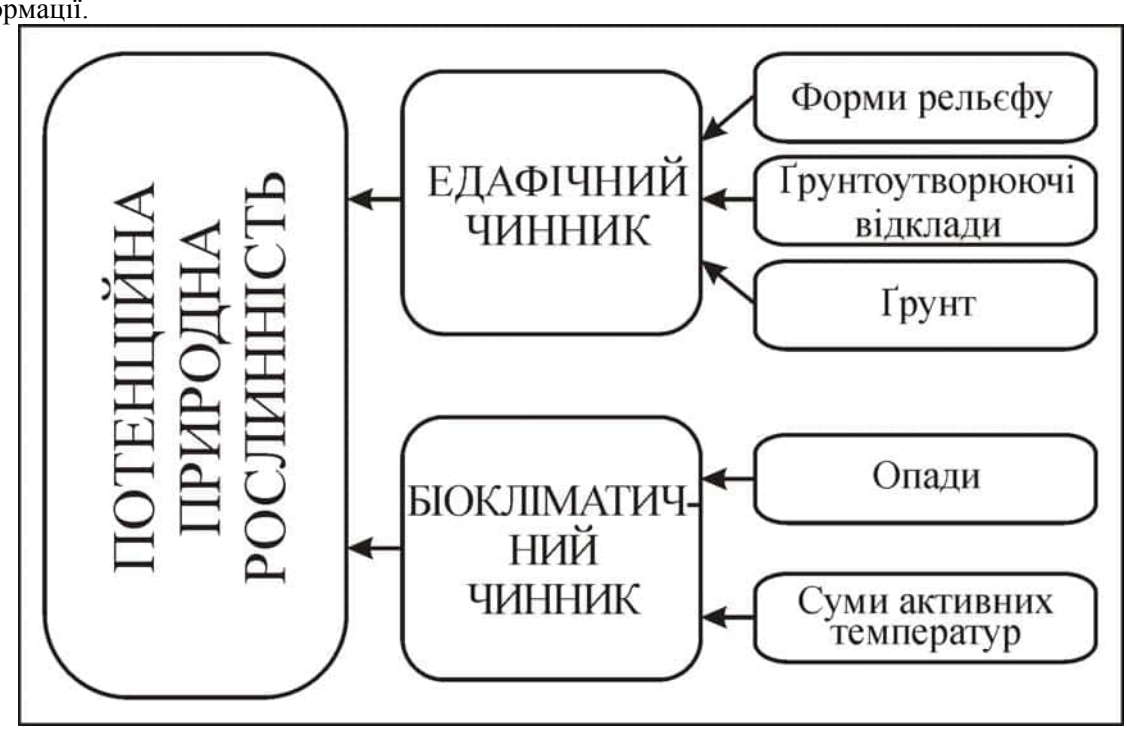

Рис. 2. Логічна схема виділення потенційної природної рослинності

У прохолодному біокліматичному поясі виділено три субформації: Piceeta et Alneta incanae, Piceeto-Abieto-Fageta та Piceeto-Fageto-Abieta. У пласкій терасованій долині Прута, складеній алювієм із сирими мезотрофними та оліго-мезотрофними умовами, і пласкій частині, складеній флювіогляціалами із вологими і сирими умовами, змоделювали перші із названих субформацій. Другі приурочені до ГЕС, які мають увігнуті форми рельєфу, складені елювіо-дефлюкцієм пісковиків, аргілітів і тонкоритмічного флішу із вологими евтрофними та мезо-евтрофними умовами на бурих гірськолісових ґрунтах. Треті субформації віднесено до увігнутих форм рельєфу, утворених на елювіо-дефлюкції пісковиків, та елювіо-дефлюкціо-деляпсивних відкладах аргілітів і тонкоритмічного флішу із сирими евтрофними умовами на бурих гірськолісових ґрунтах.

Таблиця 1

Біокліматичні пояси та потенційна природна рослинність басейну витоків Прута [8]

Назва біокліматичного поясу	Висота н.р.м, м	Річна сума		Потенційна природна рослинність
		активних температур,°С	опадів, мм	
1. Прохолодний	800-1000	1300-1600	900-1100	Piceeta et Alneta incanae; Piceeto-Abieto-Fageta; Piceeto-Fageto-Abieta
2. Дуже прохолодний	1000-1200	1000-1300°	1000-1200	Abieto-Fageto-Piceeta; Fageto-Abieto-Piceeta; Alneta incanae
3. Помірно-холодний	1200-1500	600-1000°	1100-1300	Piceeta; Cembreto-Picceta
4. Холодний	1500-1700	300-600°	1200-1400	Alneta viridi et Mugeta; Mugeta, Junipereta sibiricae et Alneta viridi
5. Контрастно-холодний	1700-2061	нижче 300°	1300-1600	Alneta viridi; Prata alpestris

Поширення Alneta incanae змоделювали у зворах на алювіально-пролювіальних відкладах та днищах вузьких долин потоків із алювіальними відкладами в мокрих мезо-оліготрофних та оліготрофних умовах на середньоскелетних та слабопотужних бурих гірсько-лісових ґрунтах. Це стосується прохолодного, дуже прохолодного та помірно-холодного біокліматичних поясів. У гірських зворах, що знаходяться в холодному та контрастно-холодному біокліматичних поясах, за нашими припущеннями, панували субформації Alneta viridi.

На елювіо-дефлюкції пісковиків, аргілітів та тонкоритмічного флішу, елювіо-дефлюкціо-деляпсії аргілітів та тонкоритмічного флішу, гляціальних відкладах із вологими мезо-евтрофними та

мезотрофними умовами дуже прохолодного біокліматичного поясу змоделювали Abieto-Fageto-Piceeta. На цей вид ценозів припадає найбільша площа у БВП (див. рис. 3). Субформації Fageto-Abieto-Piceeta приурочили до дуже прохолодного біокліматичного поясу на слабоспадистих та сильноспадистих увігнутих схилах складених елювіо-дефлюкцієм пісковиків, елювіо-дефлюкціо-деляпсієм аргілітів і тонкоритмічного флішу, а також гляціальними відкладами із, переважно, потужними та середньопотужними бурими гірсько-лісовими ґрунтами в сирих мезо-евтрофних та мезотрофних умовах.

Одне з чільних місць за площею займають Piceeta, що віднесена до ГЕС складених елювіо-дефлюкцієм пісковиків, аргілітів та тонкоритмічного флішу, елювіо-дефлюкціо-деляпсієм аргілітів і тонкоритмічного флішу, елювіо-дисперсієм аргілітів, а також гляціальними відкладами із потужними та середньопотужними ґрунтами помірно-холодного біокліматичного поясу із вологими та сирими мезотрофними умовами. Субформації Cembreto-Picceta віднесли до крутих та дуже крутих, зазвичай, випуклих схилів складених елювіо-дефлюкцієм пісковиків і тонкоритмічного флішу, елювіо-дисперсієм та гляціал-елювіо-дефлюкцієм пісковиків із слабопотужними сильноскелетними бурими гірськолісовими ґрунтами помірно-холодного біокліматичного поясу із вологими оліго-мезотрофними умовами.

Alneta viridi et Mugeta приурочили до увігнутих форм рельєфу із сирими та мокрими оліго-мезотрофними та оліготрофними умовами холодного біокліматичного поясу на сильно скелетних середньопотужних і слабоскелетних потужних бурих гірсько-лучних ґрунтах, що сформувалися на елювіо-дефлюкції пісковиків, елювіо-дефлюкціо-деляпсії аргілітів та гляціальних відкладах. На елювіо-дефлюкції та елювіо-дисперсії пісковиків і аргілітів, а також, гляціальних відкладах із сильноскелетними та слабоскелетними бурими гірсько-лучними ґрунтами холодного біокліматичного поясу у мезотрофних та оліготрофних вологих умовах змоделювали Mugeta, Junipereta sibiricae et Alneta viridi.

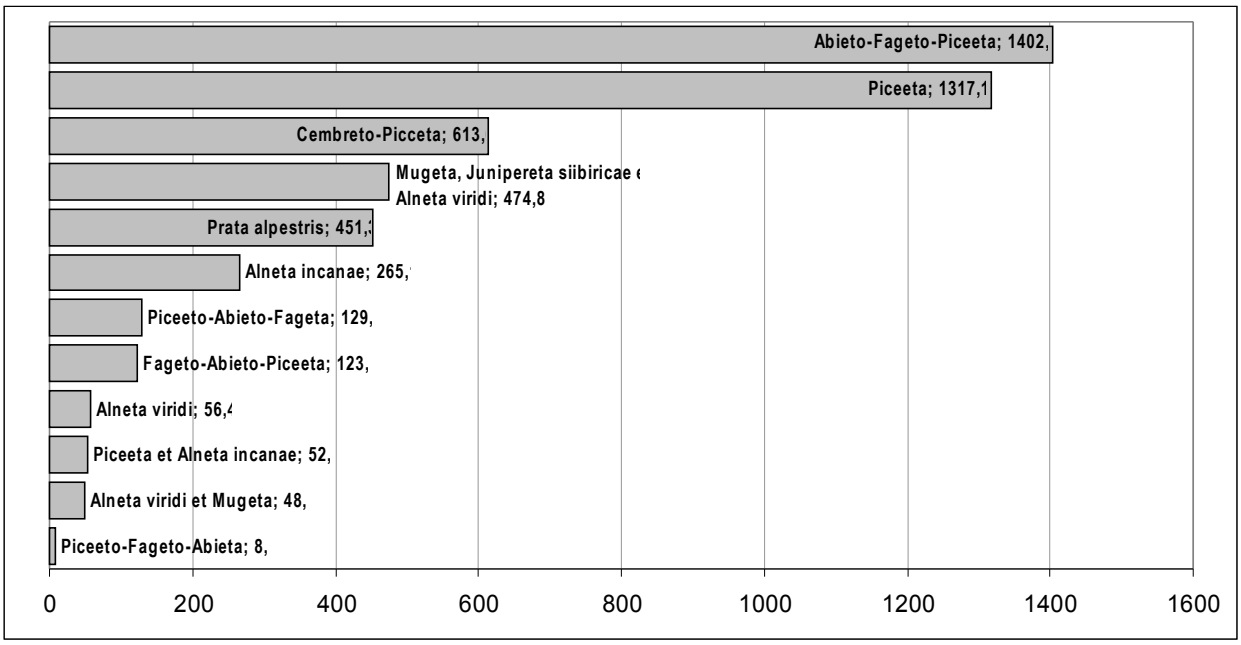

Рис.3. Розподіл потенційної природної рослинності за площами, в га

Prata alpestris займають найвищі гіпсометричні рівні БВП (та загалом Українських Карпат). Ними зайняті ГЕС контрастно-холодного біокліматичного поясу, що складені елювіо-дефлюкцієм і елювіо-дисперсієм пісковиків та гляціальними відкладами із сильноскелетними бурими гірсько-лучними та бурими гірсько-лучними оторфовілими ґрунтами із сирими та мокрими оліго-мезотрофними та оліготрофними умовами.

Верифікація результатів дослідження. Для перевірки результатів дослідження застосували найбільш простий та достовірний спосіб – використали дані польових досліджень, які містять інформацію про тип ППР, визначений *in situ*. Отож, співпадіння змодельованої ППР згідно з хаотично вибраними 30–ма точками (із 80 точок) геоекологічних описів становить 75% (див. табл. 2).

Таблиця 2

Співпадіння ППР та сучасного рослинного покриву

№ точки	Оцінка	№ точки	Оцінка	№ точки	Оцінка
1	+	31	+	55	±
3	+	35	+	58	±
5	–	37	+	62	±
7	+	38	+	65	+
9	–	42	+	66	+
11	+	43	+	69	+
13	–	46	+	71	+
15	+	49	+	73	+
18	–	50	±	75	±
29	+	53	±	77	±

«+» - повністю збігається, «±» - частково збігається, «–» – не збігається

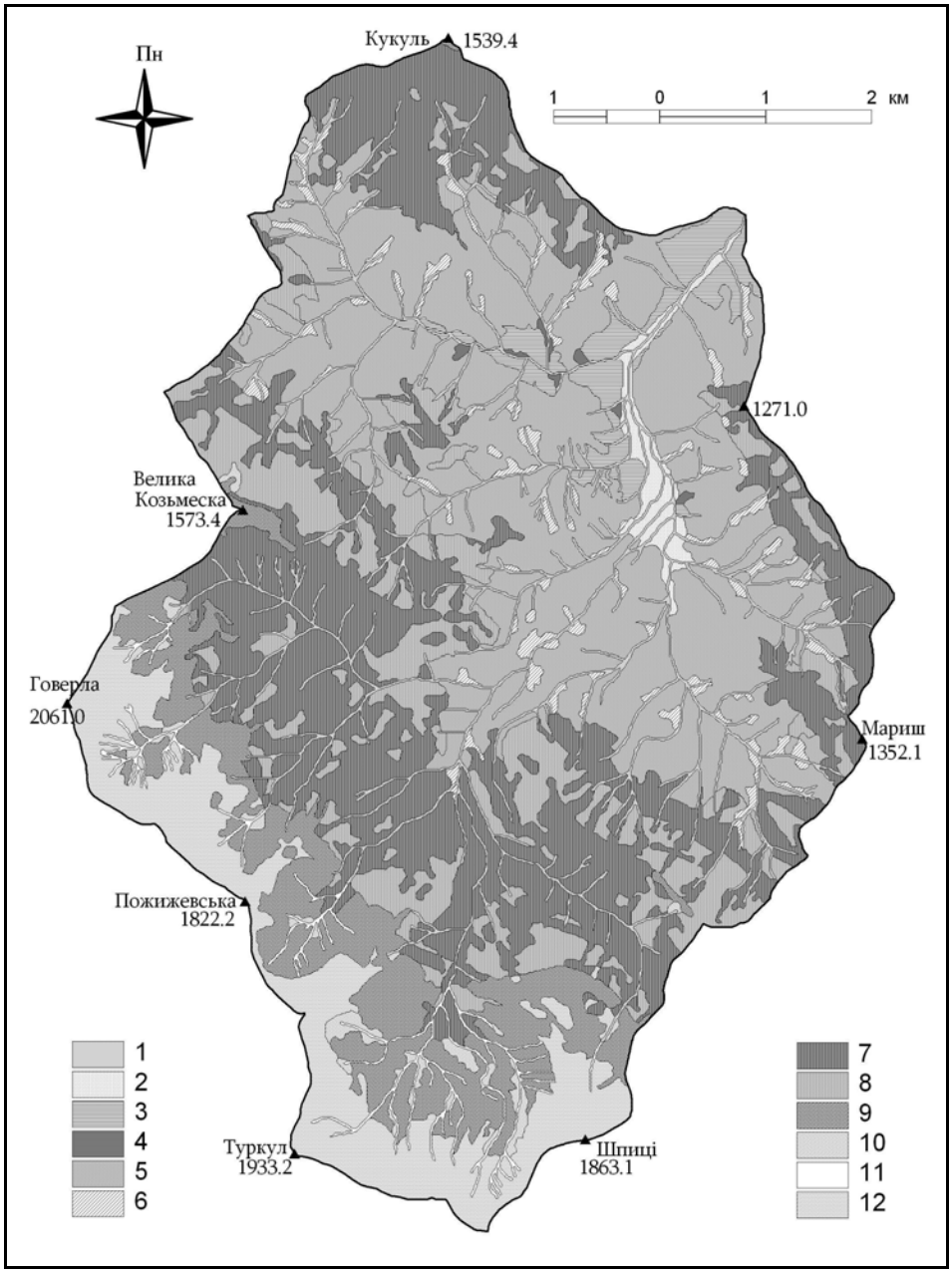

Рис. 4. Карта потенційної природної рослинності басейну витоків Прута.

1 – Alneta incanae, 2 – Piceeta et Alneta incanae, 3 – Piceeto-Abieto-Fageta, 4 – Piceeto-Fageto-Abieta, 5 – Abieto-Fageto-Piceeta, 6 – Fageto-Abieto-Piceeta, 7 – Piceeta, 8 – Cembreto-Picceta, 9 – Mugeta, Junipereta siibiricae et Alneta viridi, 10 – Alneta viridi et Mugeta, 11 – Alneta viridi, 12 – Prata alpestris.

Обговорення результатів дослідження. Треба зважати на той факт, що саме визначення ППР є доволі абстрактним. Для її достовірної перевірки потрібні геопросторові дані стосовно пралісів БВП, хоча і така інформація не забезпечила б високої точності в перевірці. Як уже було згадано у попередніх публікаціях [8, 9], точність проведеного моделювання залежить ще від інших обставин. Найперше це точність прив'язки аналогових матеріалів. Також впливає специфіка процедури опрацювання цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та застосованих параметрів під час виділення форм рельєфу [6]. Генералізація, в процесі моделювання, теж може негативно впливати на результати верифікації, оскільки місце площадки геоекологічного дослідження на моделі могло бути вилучене та автоматично замінене іншим типом ПМГЕС із іншим типом ППР.

Використання біокліматичних поясів, що, по суті, побудовані простою стратифікацією ЦМР, не відображає топокліматичні температурні відмінності ГЕС (у цьому випадку мікроморфохор) довгих схилів, що часто потрапляють у кілька поясів. Це теж впливає на розподіл ППР, оскільки ця схема для наведеного прикладу є дещо генералізованою і краще підходить до дрібніших масштабів, ніж 1:50 000. А поліпшити результати можна через точніше відображення топоклімату ГЕС, застосувавши інтерполяцію даних метеорологічних станцій та додаткових мікрокліматичних досліджень із використанням ЦМР.

Висновки. Отже, унаслідок проведеного дослідження, використовуючи попередній досвід та інструментарій ГІС, доповнили існуючий ГПШ ПМГЕС БВП даними про ППР, яку вперше відобразили на великомасштабній (1:50 000) карті (див. рис. 4).

З'ясувалося, що смерекові ліси є переважаючими (див. рис. 3 та 4) у таких територіях Карпат як БВП, навіть коли мова йде про ППР. Тому можна зробити висновок, що це їхні природні місцезростання.

Подальша робота над методикою виділення ППР має бути спрямована на поліпшення моделювання клімату та біотичних компонентів, шляхом застосування інтерполяції даних метеорологічних станцій за допомогою ЦМР.

Важливим наступним кроком є створення ГПШ актуальної рослинності та порівняння зі створеним ГПШ ППР.

Література:

1. Геоекологічна база даних басейну верхнього Дністра / *Іван Круглов, Анатолій Мельник, Богдан Муха, Богдана Сенчина* // Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ Обрії, 2004. – Вип. 46. – Т.1. – 274 с.
2. *Голубец М.А.* Ельники Украинских Карпат / *Голубец М.А.* – К.: Наук. думка, 1978. – 264 с.
3. *Голубець М.А.* Сучасний і відновлений лісовий покрив Українських Карпат / *Голубець М.А.* // Матеріали III з`їзду Укр. ботан. Т-ва, К., 1965. – С. 94–96.
4. *Койнов М.М.* Природа Станіславської області / *Койнов М.М.* – Львів, 1960. – 103 с.
5. *Круглов І.С.* Ландшафт як геоекосистема / *І.С. Круглов* // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2006. – Вип. 33. – С. 186–193.
6. *Круглов І.С.* Методика напівавтоматизованого створення геопросторового шару педоморфологічних одиниць Басейну Верхнього Дністра */ І.С. Круглов* // Вісн. Львів. ун-ту. Серія геогр. – 2004. – Вип. 31. – С. 312–320.
7. *Круглов І.С.* Моделювання біоклімату та біотичних компонентів морфогенних геоекосистем Басейну Верхнього Дністра / *І.С. Круглов* // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – Вип. 49. – С.29–36.
8. *Кулачковський Р.І.* Моделювання геоекосистем басейну витоків Прута / *Р.І. Кулачковський, І.С. Круглов* // Фіз. геогр. та геоморф. – 2008. – Вип. 54. – С. 169–176.
9. *Кулачковський Р.І.* Напівавтоматизована делімітація просторового каркасу природних морфогенних геоекосистем околиць біосферного резервату "Східні Карпати"/ *Р.І. Кулачковський, І.С. Круглов* // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2008. – Вип. 70. – С. 51–57.
10. *Милкина Л.И.* Методика крупномасштабного реконструктивного геоботанического картирования / *Л.И. Милкина.* – Киев: Наук. думка, 1984. – 136с.
11. *Миллер Г.П.* Ландшафтные исследования горных и предгорных територий / *Г.П. Миллер*. – Издательское объединение "Вища школа", 1974. – С. 202.
12. *Міллер Г.П.* Польове ландшафтне знімання гірських територій: Навчальний посібник для студентів спеціальності "ландшафтознавство" / *Г.П.Міллер.* – .: ІЗМН, 1996. – 168 с.
13. Природа Івано-Франківської області / За ред. *К.І. Геренчука*. – Львів: Вища шк. Вид-во Львів. ун-ту, 1973. – 160 с.
14. Природа Українських Карпат / За ред. *К.І. Геренчука*. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 267 с.
15. *Солнцев Н.А.* О биотических и геоматических факторах формирования природной среды/ *Н.А. Солнцев* // Вестн. Моск. ун-та. Серия геогр. – 1973. – № 1. – С. 41–50.
16. *Сочава В.Б.* Крупномасштабное картографирование растительности и некоторые современные предпосылки его развития / *В.Б. Сочава* // Крупномасштабное картографирование растительности. – Новосибирск: Наука, 1970. – С. 5-16.
17. Украинские Карпаты. Природа / *Голубец М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич И.К. и др.* – Киев: Наук. Думка, 1988. – 208с.
18. Флора і рослинність Карпатського заповідника / *Стойко С. М., Тасенкевич Л.О., Мілкіна Л.І. та ін.* – Київ: Наукова думка, 1982. – 220 с.
19. Чорногірський географічний стаціонар. Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – 123 с.

20. *Kruhlov I.* Natural geoecosystems / *I. Kruhlov, B. Mukha, B. Senchyna* // Transformation processes in the Western Ukraine: Concepts for sustainable land use / Edited by *M. Roth, R. Nobis, V. Stetsuk, I. Kruhlov*. – Berlin: Weissensee Verlag, 2008. – p. 81-97.
21. *Tüxen R.* Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung / *R. Tüxen* // Angew. Pflanzensoz. – 1956. – Z. 13. – S. 5–42.

Резюме:

Кулачковский Р., Круглов И. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАССЕЙНА ИСТОКОВ РЕКИ ПРУТ

Раскрыто понятие естественного морфогенеза геосистем для моделирования вегетации в ГИС среде. Эдафические факторы использовались в моделировании характеристик (склонов и вогнутости/выпуклости) рельефа, куда включались характеристики материнской породы и условий дренажа. Учитывались климатические факторы, которые влияют на вегетацию, такие как годовые суммы активных температур и т.д. Информация об экологических взаимоотношениях между этими факторами и вегетационной активностью была получена путем изучения литературных источников и полевых исследований. По результатам моделирования было определено, что преобладающим растительным покровом территории области были буково-пихтовые леса. Проверка результатов исследования указала на 75% точность такой модели.

Ключевые слова: моделирование, естественная растительность, эдафические факторы**.**

Summary:

Kulachkovskyy R., Kruhlov I. GEOECOLOGICAL MODELING OF POTENTIAL NATURAL VEGETATION IN THE PRUT SOURCE AREA

The concept of a natural morphogenesis geoecosystem was used to model the vegetation in the GIS environment. The edaphic factors used in modeling included landform elements characteristics (slope and concavity/convexity) as well as the soil and the parent rock properties that define drainage. The climatic factors influencing the distribution of the vegetation embraced annual sums of precipitation and of active temperature. The information about the ecological interrelations between the factors and the vegetation was taken from the regional literature as well as from the field observations. According to the modeling results, the major areas are to be occupied by spruce forests with participation of beech and fir. Verification with the help of the field observation witnessed a 75% confidence of the model.

Key words: design, natural vegetation, edaphic factors.

Надійшла 03.11.2009р.