

УДК 911.1+504.054.36

Ю. В. БУЦ, канд. геогр. наук, доцент
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Пл. Свободи, 6, Харків, 61022
buyuv@mail.ru

ПІРОГЕННА РЕЛАКСІЯ ГЕОСИСТЕМ

Представлено теоретичні дослідження щодо ролі пірогенного чинника у формуванні, функціонуванні, стійкості та динаміці геосистем. Проведено аналіз вживаних сучасних наукових понять щодо відновлення природних комплексів. Розглянуто поняття «пірогенна релаксія геосистем» та її співвідношення з іншими процесами постпірогенних досліджень.

Наявні результати щодо наслідків впливу пірогенного чинника на довкілля потребують узагальнення, з метою виявлення закономірностей відновлення і відтворення геосистем після наслідків впливу викликаного пожежами в залежності від географічної зональності, ландшафтної структурованості та індивідуальних особливостей геосистем.

Ключові слова: пірогенний чинник, релаксія, геосистема, сукцесія, стійкість ренатуралізація

Buy Yu. V. FIRE RELAXATION OF GEOSYSTEMS

Theoretical researches about the role of fire factor in forming, functioning, stability and dynamics of geosystems are presented. Analysis of common modern scientific concepts in relation to renewal of natural complexes is conducted. A concept «fire relaxation geosystems» and his correlations with other processes of researches after fire influence is considered.

Present results in relation to the consequences of influence of fire factor on an environment require generalization, with the purpose of exposure of conformities to the law of renewal and renewal of geosystems after the consequences of influence caused fires depending on a geographical zonality, landscape structured and individual features of geosystems.

Keywords: fire factor, relaxation, geosystem, succession, stability, renaturalization

БУЦ Ю. В. ПИРОГЕННАЯ РЕЛАКСИЯ ГЕОСИСТЕМ

Представлены теоретические исследования о роли пиrogenного фактора в формировании, функционировании, устойчивости и динамике геосистем. Проведенный анализ употребляемых современных научных понятий относительно восстановления природных комплексов. Рассмотрено понятие «пиrogenная релаксия геосистем» и его соотношения с другими процессами постпиrogenных исследований.

Имеющиеся результаты относительно последствий влияния пиrogenного фактора на окружающую среду требуют обобщения, с целью выявления закономерностей возобновления и восстановления геосистем после последствий влияния вызванного пожарами в зависимости от географической зональности, ландшафтной структурированности и индивидуальных особенностей геосистем.

Ключевые слова: пиrogenный фактор, релаксия, геосистема, сукцессия, устойчивость, ренатурализация

Вступ

Постановка проблеми. Однією з основних небезпек для природних комплексів є пожежі (природні пожежі). Природна пожежа – неконтрольований процес горіння, що стихійно виникає і розповсюджується в довкіллі, який супроводжується інтенсивним виділенням тепла, диму та світловим випромінюванням, що створює небезпеку для людей і завдає шкоди об'єктам господарської діяльності та навколишньому середовищу [12].

На теперішній час в Україні науковим дослідженням, що спрямовані на вивчення

впливу пірогенного (дослівно - породженого вогнем) чинника на природні комплекси, приділено недостатньо уваги. Здебільшого це поодинокі експериментальні дослідження впливу вогню на певні компоненти природних комплексів: рослинність, ґрунти, мезо- та мікрофауну [4, 5, 7, 10, 11, 15, 20].

Заслужують на увагу узагальнені результати досліджень, які проводились науковими співробітниками Сибірського відділення РАН [17, 21].

У комплексі, саме на системному рівні, такі дослідження не проводяться.

На жаль, у вітчизняних публікаціях не знайшли відображення узагальнені закономірності щодо впливу пірогенного чинника залежно від географічної зональності чи ландшафтної структурованості. Відсутні дані про дослідження, що спрямовані на відновлення і відтворення природних комплексів після пожеж.

Мета – узагальнити наслідки впливу пірогенного чинника на геосистеми, розглянути поняття «пірогенна релаксія геосис-

тем» та його співвідношення з іншими процесами постпірогенних досліджень.

Поняття «релаксія» досить «побутове», і в першу чергу, на думку пересічного читача пов'язане з чимось приємним на кшталт масажу, чи то розслаблюючого відновлення по відношенню до організму людини. Поняття релаксія (релаксація) походить від лат. «relaxatio» – зменшення напруження, послаблення.

Результати досліджень та їх обговорення

З наукових фізичних позицій поняття «релаксія (релаксація)» – це процес встановлення термодинамічної, а відповідно і статичної рівноваги у фізичній системі, яка складається із великого числа частинок [1]. Згідно енциклопедичних даних, релаксія (релаксація) – процес поступового повернення в стан рівноваги будь-якої системи після припинення дії факторів, що вивели її зі стану рівноваги [22]. В геотектоніці використовують термін «динамічна релаксія» – це відновлення порушення ізостазії після стискаючих напружень [23]. Без заперечень погоджуємось, що «релаксія» може вживатися і в інших значеннях, які для геоecологічних досліджень не викликають цікавості.

Беремо на себе відповідальність, щодо вживання поняття «релаксія» з «поважним» терміном «геосистема». Чому саме геосистема? По-перше, з класичних географічних позицій серед природних систем у довкіллі особливу роль відіграють географічні системи чи геосистеми. Будучи цілісними і, одночасно, підлягаючи поділу на підпорядковані системи і підсистеми, вони охоплюють всю поверхню планети і поряд з цим в якості автономного фрагмента самостійно функціонують на невеликому, цілком обмеженому просторі [18].

На думку В.Б. Сочави, центральним розділом вчення про геосистеми є вивчення динаміки природного середовища, котре відкриває прямий шлях наукового пізнання впливу людини на структуру і функціонування геосистем, допомагає розкрити механізми антропогенних впливів на природу [18]. Поряд з тим, релаксію можна розглядати, як на рівні природно-територіального комплексу (ПТК), так і на рівні ландшафту. Більш того, геосистему можемо розглядати як синонім «ПТК» [17], так і в широкому трактуванні з позицій Д.Л. Арманда [2],

вживане сполучення зазначених наукових термінів всебічно використовується. По-друге, в сучасній східнослов'янській ландшафтознавчій науковій літературі, на думку І. Круглова, подібні полеміки виливаються у гострі та малопродуктивні дискусії [9]. Враховуючи аналіз останніх теоретичних досліджень в цьому напрямку, ми дійшли висновку, що саме в такому трактуванні дане словосполучення має право на існування, обговорення та критику.

Для всебічного уявлення про дію пірогенного чинника на компоненти геосистем і розуміння пірогенної релаксії, спробуємо коротко в межах даної публікації узагальнити вплив вогню на компоненти геосистем.

Вплив пожеж на літогенну основу полягає у вигоранні прошарку підстилки і, відповідно, розвитку водної та вітрової ерозії, площинний та лінійний змив, і, навіть, оголення материнських порід. Транспортування продуктів розкладу в підпорядковані геосистеми по схилах може призводити до їх перевідкладення, замулювання водних потоків, зміни гідрологічних режимів.

В елювіальних ландшафтах навіть незначне прогорання підстилки різко посилює процеси вилуговування продуктів розкладу в нижчі прошарки ґрунтів. Таким чином, вони втрачають свою родючість.

Схилі ПТК від впливом пожеж змінюються найбільше. Елементи розкладу в цих умовах не лише вилуговуються, але і за рахунок бокового і поверхневого стоку виносяться за межі елементарних ландшафтів. Повне прогорання підстилки сприяє розвитку твердого стоку і ерозії ґрунту.

В підпорядкованих низинних ПТК розвиток ерозії ґрунтів послаблюється, повне прогорання підстилки спостерігається рідше за рахунок зволоження, вилуговування майже відсутнє. В цих умовах дія пожеж

частіше всього обмежуються верхніми, проте найактивнішими горизонтами ґрунтів. В таких ПТК акумулюються продукти транспортування з автономних ландшафтів.

Зазнають змін в ґрунтах і геохімічні показники. В ґрунтах після дії вогню відбуваються зміни величини рН в бік лужної реакції, підвищується вміст розчинних форм нітрогену, фосфору, калію. В.В. Фуряєв відзначає, що випалювання грубого гумусу сприяє підвищенню родючості ґрунтів [21]. Отже, прямий і опосередкований вплив пожеж на літогенну основу й ґрунти призводить до зміни трофності та визначає специфіку формування рослинності після пожеж.

Частка впливу природних пожеж на атмосферу зростає з кожним роком і сприяє виникненню кліматичних змін. Пожежі можуть суттєво впливати на сезонну динаміку ландшафтів, а отже на тривалість вегетаційного періоду та на хід фенологічних змін. Це в свою чергу відображається на вологості повітря і ґрунтів, динаміці ґрунтових вод і в цілому на режимі геосистем. Проте вплив пірогенного чинника на геосистеми через атмосферу часто замасковано комплексним впливом інших факторів.

В більшій мірі проявляється вплив пожеж на мікрокліматичні умови геосистем. Знищення чи зрідження рослинності сприяє інтенсифікації умов теплообміну. В лісових геосистемах після пожеж змінюється термічний режим в бік підвищення температури. Це в свою чергу обумовлює динаміку формування рослинності в межах геосистеми. Загалом, вплив мікрокліматичних умов (освітленості, температурного режиму, вологості приземних шарів повітря, швидкість вітру і т.і.) є однією із головних причин трансформації рослинних асоціацій і динаміки природних комплексів.

Вплив пожеж на гідрологічний режим геосистем пов'язаний, насамперед, із знищенням рослинності та підстилки, що посилює вітрову й водну ерозію ґрунтів, винос дрібнозему і органічних речовин опадами, перерозподіл сезонного стоку. Відбуваються і зміни мінералізації ґрунтових вод. Узагальнено зміна гідрологічного режиму полягає у своєрідному висушуванні автономних ПТК і обводненні підпорядкованих ПТК.

Вплив пожеж на тваринний світ природних комплексів не вичерпується прямою дією, що викликає загибель тварин від вогню і диму. Так, під час весняно-літніх по-

жеж масово знищуються кладки птахів. Та все ж найбільш суттєві наслідки пожеж для представників зооценозу опосередковано реалізуються через зміну рослинних асоціацій. Зміна умов існування на згарищах для деяких видів тварин настільки відчутна, що відбувається зміна зооценозу. Однак, зміна рослинних угруповань сприяє швидкому і масовому розмноженню комах на згарищах. За рахунок підвищення продуктивності рослин після пожеж збільшується кількість гризунів. Після пожеж різко змінюється динаміка чисельності деяких птахів. В цілому, постпірогенні угруповання тварин характеризуються біднішим видовим складом і чисельністю тварин, порівняно з корінними зооценозами.

Загалом, динаміка зооценозів обумовлена характером рослинних асоціацій, водночас впливає на постпірогенне формування рослинності, наприклад, перенесення насіння птахами. Таким чином, в процесі пірогенної релаксії геосистем спостерігається взаємопов'язана і взаємообумовлена динаміка рослинних і тваринних угруповань.

Дія пожеж на рослинність надто різнобічна, і в межах даної статті її описати неможливо. Пірогенний чинник впливає безпосередньо на фітоценози, а також обумовлює постпірогенне формування рослинних угруповань. В одному випадку вогонь лише частково знищує рослинний покрив на деяких ділянках природно-територіального комплексу, в інших – припиняє життєдіяльність всього фітоценозу, включаючи деревостан. В залежності від інтенсивності пірогенної дії, після пожеж фітоценоз може відновитися або ж формуються рослинні угруповання зовсім іншого складу і структури.

Рослинність, як компонент геосистем, досить складне утворення, тому вплив пожеж на фітоценози доцільно розглядати по відношенню до структурних елементів: трав'янисто-чагарниковий покрив, мохово-лишайниковий покрив, підріст, підлісок, деревостан [21].

Після пожеж трав'янисто-чагарниковий покрив в залежності від умов зростання трансформується в основному в чотирьох напрямках: олучнення, остепнення, поява пусток та заболочування.

Пожежі сприяють послабленню мохово-лишайникового покриву. В процесі постпірогенного відновлення моховий покрив відносно швидко регенерується, проте товщина його шару зменшується.

Поспірогенний розвиток підліску за В.В. Фуряєвим можна об'єднати в чотири основні групи [21]:

- види, які бурхливо розростаються на згарищах і під пологом проріджених пожежами насаджень зберігають протягом деякого часу високу чисельність в похідних типах лісу;

- види, що розростаються на згарищах і в проріджених насадженнях, але не створюють зімкнутого пологу;

- види, що розростаються на згарищах і в проріджених пожежами насадженнях, але швидко втрачають підвищену чисельність в похідних угрупованнях;

- види, що не зростають на згарищах і тривалий час відсутні на них.

Найбільший вплив пожеж на деревний ярус виражається в безпосередньому знищенні чи значному розпаді деревостану після пірогенної дії, а також в послідовному розвитку грибкових захворювань, нападі ствольних шкідників, знищенні корисної ентомофауни. Деструктивний вплив пожеж на деревостан залежить від їх інтенсивності, типу лісу і його віку. З геоecологічних позицій знищення основного деревного ярусу або його прорідження призводить до збільшення відносної освітленості під пологом лісу і на згарищах, інтенсивності та загальної кількості опадів, посиленню швидкості вітру й висушуванню поверхні ґрунту.

В цілому вплив пожеж на рослинність природних комплексів полягає в частковій або повній зміні надґрунтового покриву, підліску, підросту і деревостану. Масштаби цих змін та їх особливості обумовлені специфікою інших компонентів геосистем та інтенсивністю горіння при пожежах. Постпірогенні зміни в будові і структурі фітоценозів мають прямий чи опосередкований вплив на інші компоненти геосистем та їх розвиток, формування, функціонування та динаміку.

Повертаючись до актуальності представленої дослідження, стверджуємо, що пожежі в природних геосистемах протягом тисячоліть мали різнобічну дію і впливають до сьогодні на їх формування. Процеси виникнення і розвитку геосистем, їх територіальний розподіл і еволюція часто проходять при активному впливові вогню. Природний відбір під дією пірогенного чинника спрямований на підвищення пожежостійкості фітоценотичного і зооцено-

тичного різноманіття геосистем та їх репродуктивної здатності з одного боку і на максимальне використання змінених умов середовища (мінералізація ґрунтового покриву, гідротермічного та геохімічного режимів, тощо) для відновлення, росту і розвитку з іншого.

Процес функціонування геосистем після інгібруючого впливу пірогенного чинника, на жаль, не в повній мірі знайшов своє відображення в науковій географічній літературі. Проте значних успіхів в цьому відношенні досягнуто науковцями-екологами, ботаніками, агрознавцями.

Так, в останні роки з'явився ряд публікацій геоботанічного характеру, де приділяється увага таким науковим поняттям як «пірогенні сукцесії» [15, 20], «пірогенні дигресії» [7], «постпірогенні демутації» [3] і т.д. Зводяться всі проаналізовані дослідження до випадкових змін або сукцесії. Сукцесія (від грецьк. «наступність»), – це послідовні зміни одних угруповань організмів (біоценозів) іншими на певній ділянці середовища. На думку науковців, вогонь діє спряжено на абіотичні і біотичні компоненти екосистеми, викликаючи ланцюги послідовних дигресивно-демутаційних змін. Це є підставою для виділення постпірогенних сукцесій екосистем. Ю. Одум [14] зміни екосистем після пожежі називає «пульсуючими стабільними сукцесіями». З погляду В. М. Сукачова, серед великого різноманіття сукцесій, згадувані сукцесії відносяться до екзогенетичних. Екзогенетичні сукцесії зумовлені причинами, які перебувають за межами даного угруповання і залежать від зовнішніх геофізико-хімічних факторів. До них В. М. Сукачов відносить також зміни, обумовлені діяльністю людини (пожежі, вирубки, випас, рекреаційне перевантаження), а також масове поширення будь-яких тварин (комах, гризунів) [19]. В природних умовах формування стійкої стадії угруповання завершується клімаксом.

Однак на наш погляд, запропоновані сукцесійні зміни (сукцесійні ряди) хронологічно можуть тривати від декількох років до декількох десятків чи сотень років. З нашої точки зору, пірогенна релаксія не обов'язково має бути визначена в часі, коли геосистема переходить в якісно інший стан функціонування. За мету геоecологічні дослідження, пов'язані з пірогенною релаксією геосистем, не ставлять формування клімаксу чи іншої стійкої стадії. Отже, пірогенна

релаксія не може розглядатися як одна із стадій пірогенної сукцесії.

Окремо варто виділити термін «ландшафтна сукцесія», який був введений в науку М.Д. Гродзинським [6]. Під ландшафтною сукцесією він розуміє послідовну зміну одних геосистем іншими, яка орієнтована на досягнення оптимального для даних умов стану (клімакса). Ландшафтна сукцесія, на його думку, може бути викликана природними причинами (пожежі, селеві потоки та ін.) і антропогенними змінами природних комплексів. Ландшафти та їх стани з максимально трансформованими структурами називаються «ініціальними». Від них беруть початок відповідні сукцесійні ряди, в яких геосистеми закономірно змінюють одна одну в напрямку клімакса, тобто в напрямку стану, у якому вони знаходились до трансформації. Однією з відмінностей геоботанічної і ландшафтної сукцесії є те, що при досягненні рослинним покривом клімаксової стадії, ландшафт її ще не досягає. Ландшафту необхідний додатковий час на відновлення своєї структури і взаємозв'язків після того, як рослинність досягне фінального етапу сукцесії.

На наш погляд, поняття пірогенної релаксії геосистем доцільно розглядати в контексті їх стійкості. В своїй науковій роботі [6]. М.Д. Гродзинський наголошує, що всі визначення стійкості геосистем набувають конкретності у тому випадку, коли вказується фактор, по відношенню до якого вивчається стійкість геосистеми, період часу такого аналізу і стану, в яких система залишається в межах одного інваріанта. Узагальнено виділяються три форми здатності геосистем при зовнішньому впливі: зберігати свій стан протягом заданого часового інтервалу незмінним, до здатності відновлюватись після збудження в свій первинний стан і до наявності у геосистеми декількох станів та її здатності переходити у випадку необхідності із одного стану в інший, зберігаючи за рахунок цього інваріантні риси структури. Ці форми названо: інертністю, відновлюваністю і пластичністю [6]. Пірогенна релаксія геосистем окрім зазначених форм відновлюваності суттєво буде залежати від категорійних значень са-

мого пірогенного чинника: інтенсивність вогню, сили, швидкості поширення, а також від ландшафтно-топологічних параметрів геосистеми, погодних умов, фенологічного періоду і найголовніше – від природної зони. Гіпотетично період тривалості пірогенної релаксії повинен динамічно варіювати від геосистем північних природних зон до геосистем південних природних зон.

Вартим уваги є термін «ренатуралізація ландшафтів». Питання ренатуралізації тісно пов'язані з господарською діяльністю людини. Антропогенний вплив на природні комплекси був як прямим, так і опосередкованим. Найбільший техногенний тиск спричинявся на ґрунтово-рослинні комплекси геосистем. Проте в результаті їх трансформації змінився мікроклімат природних комплексів, гідрологічні показники, швидкість ерозійних процесів і т.і. На них спостерігається процес ренатуралізації ландшафтів – природного відновлення (самовідновлення) природних комплексів після впливу чи значного зниження антропогенного навантаження [8]. В.С. Преображенський визначає ренатуралізацію як зменшення глибини змін зв'язків між компонентами природного комплексу, спрямованого на відновлення його первинного стану [16].

Поняття ренатуралізація ландшафту на відміну від геоботанічного поняття сукцесія, враховує не лише біологічні особливості окремих видів рослин та їх взаємовідносини з довкіллям, а насамперед, спрямована на відновлення внутрішніх зв'язків в ландшафті і взаємообумовлений вплив рослинного покриву, як найбільш динамічного і активного компоненту, на інші компоненти ландшафту. Таким чином, геоботанічна сукцесія може розглядатися лише як складова частина процесу ренатуралізації. У хронологічному відношенні процес ренатуралізації може тривати десятки років. Процес ренатуралізації може розглядатися і як відновлення природних комплексів після порушення ландшафтних зв'язків в результаті дії пірогенного чинника. Проте по відношенню до поняття релаксія геосистем, ренатуралізація ландшафту досить тривалий процес на меті якого є досягнення первинного стану ландшафту.

Висновки

Представлені теоретичні дослідження показово доводять про велике значення пі-

рогенного чинника у формуванні, функціонуванні, стійкості та динаміці геосистем.

Проведений аналіз вживаних сучасних наукових понять щодо відновлення природних комплексів, свідчить про те, що більшість із них спрямовані на дослідження відновлення геосистем до первинного стану.

В геоecологічних дослідженнях, на жаль, недостатньо уваги приділено питанням комплексної оцінки пірогенного впливу на геосистеми різних природних зон та відновлення їх функціонування, в зв'язку з

чим запропоновано термін «пірогенна релаксія геосистем».

Наявні результати щодо наслідків впливу пірогенного чинника на довкілля потребують узагальнення, з метою виявлення закономірностей відновлення і відтворення геосистем після наслідків впливу викликаного пожежами в залежності від географічної зональності, ландшафтної структурованості та індивідуальних особливостей геосистем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аблесимов Н. Е. Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах. / Н. Е. Аблесимов, А. Н. Земцов— М.: ИТиГ ДВО РАН, 2010. — 400 с.
2. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). — М.: Мысль, 1975. — 287с.
3. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры / Р. И. Бурда— Киев : Наук. думка, 1991. — 168 с.
4. Ворон В. П. В. Пожежі як чинник дестабілізації стану лісів зелених зон міст України / В. П. Ворон, О. В. Леман, Т. Ф. Стельмахова, Ю. В. Плугатар // Науковий вісник НЛТУ.— 2005. — вип. 15.7. — С. 139-145
5. Гриценко А. В. К вопросу о методологии исследования восстановления геосистем после чрезвычайных ситуаций / А. В. Гриценко, Ю. В. Буц // Проблемы охраны навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. УкрНДІЕП. — Х.: ВД «Райдер», 2011. — Вип. XXXIII. — С.3-11
6. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень/ М. Д. Гродзинський — К.: Лікей, 1995. — 233 с.
7. Евдокименко М. Д. Пирогенная дигрессия светловодных лесов Забайкалья / М. Д. Евдокименко. // География и природные ресурсы. - Сибирское отделение РАН. — Новосибирск.— 2008. — № 2 — С.109-115
8. Исаенко О. В. Ренатурализация лесных ландшафтов Внутренней гряды Крымских гор: теоретические аспекты вопроса / О. В. Исаенко // Проблемы непрерывного географического образования и картографии: Сборник научных работ — Винница: Антекс-УЛТД, — 2004. — Выпуск 4. — С. 140-142.
9. Круглов І. Ландшафт як геосистема / І. Круглов // Вісник львівського університету. Серія географічна. — 2006. — Вип. 33. — С. 186-193
10. Кузик А. Д. Вплив метеорологічних чинників на ксерофілізацію лісового середовища та виникнення пожеж/ А. Д. Кузик, В. П. Кучерявий // Лісівництво і агролісомеліорація. — Харків: УкрНДІЛГА, 2009. — Вип. 116. — С. 238-244
11. Лисенко Г. М. Постпірогенні зміни екотопічних характеристик петрофітного степу «Кам'яні Могили»/ Г. М. Лисенко // Заповідні степи України. Стан та перспективи їх збереження : Матеріали Міжнар. наук. конф. — Армянськ : ПП Андреев О.В., 2007. — С. 70–73.
12. НАПБ А.01.002-2004 Правила пожежної безпеки в лісах України, затверджені наказом Державного комітету лісового господарства України 27.12.2004 року № 278 зареєстровані в Міністерстві юстиції України 24 березня 2005 року за № 328/10608.
13. Некос В. Ю., Пічугіна Ю. О. Проблема впливу пожеж на стан рослинного покриву / В. Ю. Некос, Ю. О. Пічугіна //Людина і довкілля. Проблеми неоекології.— 2008. — № 1-2. — С. 21-25
14. Одум Ю. Основы экологии. / Ю. Одум. — М.: Мир, 1975. — 740 с.
15. Подорожний С. М. Пірогенні сукцесії кримськососнових лісів південного макросхилу Головного пасма Кримських гір : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаніка» / С. М. Подорожний. — Ялта, 1999. — 18с.
16. Преображенский В. С. Основы ландшафтного анализа. / В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова, Т. П. Куприянова— М: Наука, 1988. — 192 с.
17. Сафронов М. А.. Пирологическое районирование в таежной зоне./ М. А. Сафронов, А. В. Волокитина — Новосибирск : Наука, 1990. — 205с
18. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. / В. Б. Сочава— Новосибирск: Наука, 1978. — 318с.
19. Сукачев В. Н. Основы лесной биогеоценологии./ В. Н. Сукачев, А. В. Дылис — М., 1964.
20. Ткаченко В. С. Степова пожежа та пірогенний експеримент в «Кам'яних могилах» (Донецька область) / В. С.Ткаченко, С. В. Оіренко, О. О. Подпрятюв. // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». — 2010. — Том 12. — С. 5-20
21. Фуряев В. В. Изученики послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. / В. В. Фуряев, Д. М. Киреев — Новосибирск : Наука, 1979. — 160с.
22. Релаксация [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/48747/релаксация>
23. Модель еволюції литосфери [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.http://geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/78-2011-01-06-10-17-01/304-2011-01-06-10-30-53.html>

Надійшла до редколегії 28.04.2012

