**Лекція 22**

**Тема: Динаміка і еволюція геосистем 2 частина**

|  |  |
| --- | --- |
| Дубова зона в гамма-опроміненому лісі, Брукхейвенська національна лабораторія, осінь 2007. Дубовий ліс з вересовим підліском  (за [Stalter &](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Stalter%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336) [Kincaid,](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kincaid%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336) 2009). | Контрольна зона в гамма-опроміненому лісі, Брукхейвенська національна лабораторія, літо 2007. Зрілий сосново-дубовий ліс з вересовим чагарниковим шаром (за [Stalter &](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Stalter%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336) [Kincaid,](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kincaid%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336) 2009). |

**Вплив чужорідних видів на швидкість відновлення екосистем після катастрофічних впливів**. Види вселенці (як інтродуковані, так і види-самовселенці), як правило, є більш конкурентоспроможними порівняно з нативними видами. В умовах зняття дії стресового чинника і початку відновлення екосистем в багатьох випадках саме види-вселенці захоплюють екосистеми. Так, дослідження, проведені Lu P.L. і DeLay J.K. (2016) показали, що на Гаваях після лісових пожеж швидше почали відновлюватися інтродуковані, а не місцеві види, що слід враховувати при необхідності збереження місцевих флор і для запобігання інвазії чужорідних видів. Причина - більш висока конкурентоспроможність інтродукованих видів на відкритих післяпожежених просторах в порівнянні з місцевими видами (за [Lu &](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Lu%20PL%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27698574) [DeLay,](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=DeLay%20JK%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27698574) 2016).

Наприклад, видалення ненативного чужорідного виду дерев (мімози, *Mimosa caesalpiniifolia* Benth) сприяло прискоренню сукцесії в відновлюваній лісовій екосистемі на території штату Сан-Паулу, Бразилія. Podadera D.S. з колегами (2015) проводили дослідження на двох 14-річних плантаціях з двома різними технологіями реставрації лісу. Природна регенерація деревних порід (висота ≥0,2 м) порівнювалася між керованими (всі дерева мімози *M. caesalpiniifolia* видалені) і некерованими ділянками протягом першого року після втручання. Проведені дослідження показали, що видалення мімози - збільшило видове різноманіття в відновлюваній лісовій екосистемі (за [Podadera et al., 2015)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Podadera%20DS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971).

**Підбір нативних Середземноморських рослин для фіторемедіаціі забруднених важкими металами територій дозволить припинити ерозію і рознесення забруднюючих речовин на сусідні території.** Оскільки на забруднених грунтах тривалий час не поселяються рослини - це призводить до більш інтенсивної водної та вітрової ерозії таких грунтів і до відповідного рознесення забруднюючих речовин на інші території та акваторії. Шучне підселення на ранніх стадіях сукцесії нативних толерантних до даного типу забруднення рослин буде запобігати ерозії забруднених грунтів і рознесенню токсичних речовин в процесі геоекологічної трансмісії.

Подібного типу дослідження були проведені Heckenroth A. з колегами (2016) на територіях, забруднених As, Cu, Pb, Sb, Zn, в районі колишнього заводу з виплавки свинцю, зупиненого з 1925 року в Національному парку Каланкіс (Марсель, південно-східна Франція). На порушених територіях мало місце спонтанне відновлення рослинності. При цьому різні відновлювані території піддавалися різним природним і антропогенним впливам, що наклало відбиток на характер сукцесій, які формувалися на даних територіях (тобто, обстежені території, як мінімум, перебували на різних стадіях відновної сукцесії). Heckenroth A. з колегами (2016) були ідентифіковані 4 спонтанних рослинних спільноти співіснуючих на забруднених металами і металоїдами грунтах відповідно до градієнтів їх забруднення. Отримані Heckenroth A. з колегами (2016) дані свідчать про те, що деякі нативні види рослин, такі як *Coronilla juncea* і *Globularia alypum*, можуть бути толерантними до високих концентрацій суміші токсичних металів в грунтах і таким чином, можуть бути використані для фітостабілізації забруднених металами територій Середземномор'я (за [Heckenroth et al., 2016)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Heckenroth%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125).

|  |  |
| --- | --- |
| https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Coronilla_juncea-1.jpg/220px-Coronilla_juncea-1.jpg  Вязель Ситникова (*Coronilla juncea*) (за <https://es.wikipedia.org/wiki/Coronilla_juncea>). | https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0f/Alypum1.jpg/240px-Alypum1.jpg  Шаровниця знеболювальна (*Globularia alypum*) (за https://es.wikipedia.org/wiki/Globularia\_alypum). |

**7. Умови, при яких після зняття дії шкідливого чинника середовища, формуються еволюційні сукцесії.**

Якщо під час дії стресового чинника порушений поріг відновлюваності екосистеми - то після зняття дії стресового чинника, сукцесія стає не динамічною, а еволюційною, з іншою кінцевою клімаксною спільнотою.



Після порогових змін в екосистемах - сукцесія стає не динамічною, а еволюційною. Граничний ефект запускається комплексом взаємодій, які зумовлюють напрямок змін, що призводять до формування альтернативного стану екосистеми. На схемі пунктирними лініями вказані альтернативні стани спільноти. На початкових етапах сукцесії (1 і 2) - спільноти є подібними через ефекти розсіювання та фільтрації дії факторів навколишнього середовища (буферна ємність екосистем дозволяє їм не виходити зі стану рівноваги при певній силі і/або тривалості зовнішнього впливу). При пороговій дії стресора (3 і 5) (при перевищенні сили і/або тривалості зовнішнього впливу) співтовариство стає неоднаковим за короткий проміжок часу. В ході подальшого розвитку сукцесії біотичні взаємодії і система зворотних зв'язків з навколишнім середовищем роблять спільноти все більше і більше різними в порівнянні з попередніми (4 і 6) (за [Chang](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Chang%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27785355) & [HilleRisLambers, 2016)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=HilleRisLambers%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27785355).

Наприклад, кінцевий результат після-пожежної сукцесії лісу багато в чому визначається інтенсивністю пожежі: після інтенсивних пожеж знижується ймовірність відновлення хвойних лісів внаслідок малого рознесення насіння відповідних порід на великі відстані, що, в результаті, призводить до відновлення не вічнозелених хвойних, а листопадних широколистяних лісів (за [Tautenhahn et al., 2016)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Tautenhahn%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652).



На схемі показані три варіанти розвитку пост-пірогенної сукцесії в темнохвойній тайзі: а) при невеликих пожежах та збереженні хвойних дерев відбувається самовідновлення темнохвойної тайги на згарищах; b) пожежі середньої сили, після яких практично не зберігаються дерева, - призводять на початку до відновлення листопадних дерев, як світлолюбних форм. І лише потім, під тінню їх корон розвиваються тіньовитривалі хвойні породи дерев; після змикання крон хвойних дерев - зростання світлолюбних широколистяних порід припиняється, крім того - у широколистяних дерев досить короткий середній вік життя особин; с) після дуже сильних пожеж - відновлення темнохвойної тайги на згарищах не відбувається через відсутність насіння хвойних внаслідок їх мало-дистантного розносу (за [Tautenhahn et al., 2016)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Tautenhahn%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652).

На кінцевий результат пост-пірогенної сукцесії також значний вплив мають кліматичні і біотичні умови в екосистемах: зміни цих умов сприяють альтернативному розвитку сукцесії з формуванням відмінного від початкового клімаксного співтовариства. Наприклад, в Міоцені в субтропіках в внаслідок посилення посух і поширення пожеж в екосистемах відбулося заміщення С3-трав на С4-трави. Відомо, що С4-трави за умов нестачі вологи і низької концентрації вуглекислого газу в повітрі – ростуть більш швидко, ніж рослини з С3-типом фотосинтезу, оскільки спроможні більш ефективно використовувати ці життєво-важливі фактори. Тому, після пожеж трави з С4-типом фотосинтезу більш швидко заселяли порушені території і поступово витіснили С3-трави з тропічних екосистем (за Osborne, 2008).

**8. Аутосукцесії: динамічні і еволюційні.**

Аутосукцесії – це процеси зміни співтовариств, що відбуваються в екосистемі в результаті її саморозвитку. Аутосукцесії можуть бути динамічними і еволюційними. Якщо в результаті саморозвитку екосистема періодично повертається до початкового стану, то в такому випадку говорять про динамічні аутосукцесії. Наприклад, нерідко спостерігається заболочування густих кедровників Сибіру, потім відбувається їх розрідження, що супроводжується зменшенням вологості і навіть виникненням в них місцевого клімату, що нагадує степовий. Такі паркові кедровники знову заростають більше густим лісовим покривом і заново починається процес заболочування (за «Гомеостаз, сукцессия и устойчивость геосистем», <http://studopedya.ru/2-671.html>).

Наприклад, занос в озеро інвазивного виду рослин - водного гіацинта - запускає в озері сукцесію, в ході якої вся поверхня озера покривається матами з водного гіацинта. Потім, на цих плавучих матах поселяються інші водні рослини. На більш пізніх стадіях сукцесії - домінуючим видом на поверхні гіацинтового мату стає рослина гіпограс (*Vossia cuspidate*), яке виростає вище водного гіацинта, затінює його і викликає його смерть. У свою чергу, загибель водного гіацинта призводить до руйнування його матів, на яких оселився вид-конкурент, а відсутність опори - викликає загибель виду-вселенця. Поодиночні особини водного гіацинта, які залишилися живими, знову гіперрозмножуються, закриваючи собою всю поверхню озера - і цикл повторюється.

|  |  |
| --- | --- |
| Чиста популяція гіацинта водного на поверхні озера Вікторія, Східна Африка  (за [Gichuki et al., 2012)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gichuki%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574). | На ранніх стадіях сукцесії на гіацинтний мат поселяються *Ipomoea aquatica* і *Enydra fluctuans* (за [Gichuki et al., 2012)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gichuki%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574). |

|  |  |
| --- | --- |
| На пізніх стадіях макрофітної сукцесії видно, що гіпограс (*Vossia cuspidate*) майже повністю замістив водний гіацинт (за [Gichuki et al., 2012)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gichuki%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574). | Однак, затінення гіпограсом водного гіацинта призводить до колапсу гіацинтового субстрату - і гіпограс тоне в озері. Озеро очищається і запускається знову розмноження водного гіацинта (за [Gichuki et al., 2012)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gichuki%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574). |

Прикладом первинних еволюційних аутосукцесій - є формування екосистем на застиглих вулканічних лавах, піщаних дюнах і т.н.: від первинного заселення поверхні бактеріями, грибами, лишайниками, мохами до встановлення складних багатокомпонентних екосистем в результаті саморозвитку вихідної примітивної екосистеми.



Розвиток первинної сукцесії на поверхнях, звільнених від льодовиків в наслідок потепління клімату (Кордильєри, Чилі). На голому камінні, що звільнилося від льодовика, поселяються піонерні асоціації мохів з ціанобактеріями, які забезпечують формування примітивних грунтів. При цьому на сухих схилах сукцесія розвивається повільніше, ніж на вологих. На фотографіях - Кордильєра Дарвіна (Чилі). Чотири репрезентативних ділянки вздовж зони північних і південних льодовиків Кордильєри Дарвіна (Чилі). Голі ділянки гір відповідають зоні поблизу фронту відступу льодовика, старіші ділянки - вже вкриті лісами з південного бука або нотофагуса (*Nothofagus* forests). На фотографіях вказані роки від початку дегляціації (за Arróniz-Crespo et al., 2014).

**Первинна сукцесія на пісках**. Сипучі барханні піски Каракумів і інших районів Середньої Азії спочатку повністю позбавлені рослинності і постійного населення тварин. Першим на них поселяється багаторічний злак аристида, добре пристосований до життя в умовах постійного перенесення піску вітром. Коріння у цієї рослини шнуровиде, і кожен корень укладений в чохол з зцементованих піщинок, що захищає коріння від висихання і механічного пошкодження, якщо вони виявляються на поверхні. Пагони ростуть вертикально вгору і утворюють додаткові зони кущіння вище материнського, якщо пісок засипає рослину.

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.mijnwoordenboek.nl/img/wiki/800/e/ec/Aristida_purpurea_form.jpg  Аристида (*Aristida* spp.). Представники цього роду поселяються на пісках, закріплюючи їх (за <https://yandex.fr/images/search?img_url=https>). | CarexArenaria.jpg  Піщана осока (*Carex arenaria*) з'являється на пісках на наступній фазі сукцесії (за <https://ru.wikipedia.org/wiki/>). |

За рахунок аристид вже можуть існувати деякі комахи, і тому на бархани починають забігати в пошуках їжі ящірки роду *Eremias*. На злегка скріплених корінням аристид пісках отримує можливість оселитися довгокореневищна піщана осока. Вона успішно бореться з піском, швидко проростаючи крізь його наноси і пронизуючи пісок розгалуженим кореневищами на глибині 1-5 см. Покров розріджений, оскільки для забезпечення вологою однієї рослини потрібна значна площа.

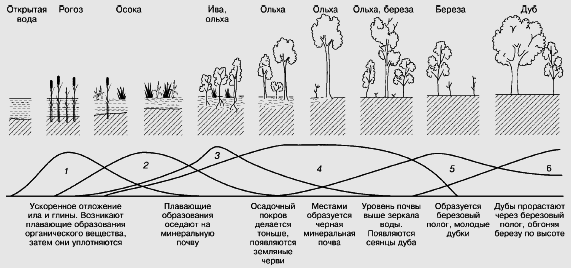
Потім, на скріплених злаками і осокою пісках поселяються чагарники джузгун і білий саксаул, а також інші трав'янисті рослини, в основному ефемери: злаки, хрестоцвіті, метеликові, бурачникові і т.п. Слідом за рослинністю з'являються рослиноїдні ссавці: тонкопалий ховрах, стрибак, полуденна пісчанка. Збільшується видове різноманіття комах - кормової бази ящірок: ушастої і піщаної круглоголовок, сітчастої ящірки, геконів. З'являються птахи - саксаульна сойка, дрохва-красуня, потім змії і хижі ссавці. Закріплені піски Середньої Азії відрізняються великим видовим багатством і різноманітністю життєвих форм рослин і тварин, оскільки водний режим їх досить сприятливий: піски мають здатність згущувати водяні пари в грунті до води (за <http://ekolog.org/books/26/10_4_2.htm>; Н.М. Чернова, А.М. Былова [Общая экология. Учебник](http://ekolog.org/books/26/) М.: Дрофа, 2004).

|  |  |
| --- | --- |
| Calligonum polygonoides.JPG  На скріплених злаками і осокою пісках поселяються потім чагарники джузгуна ([*Calligonum polygonoides*](http://wp.wiki-wiki.ru/wp/index.php?title=Calligonum_polygonoides&action=edit&redlink=1)) (за <http://wp.wiki-wiki.ru/wp/index.php/>). | Haloxylon persicum.JPG  І чагарники білого саксаулу (*Haloxylon persicum*) (за <https://ru.wikipedia.org/wiki/>). |



Первинна сукцесія на піщаних дюнах (цитовано за http://resources.krc.karelia.ru/geobotany/doc/ rozenberg/12-Dinamika\_soobschestv-1.pdf; Г.С. Розенберг, Динаміка спільнот: сукцесії, клімакс; Російська академія наук відділення біологічних наук Інститут екології Волзького басейну).

**Сукцесія самозарастання озера**



Зміна екосистеми в ході сукцесії при самозарастанні озера. Де: 1-6 - зміна домінуючих видів рослин (за Д. Казенс, 1982; цитовано за [https://www.rea.ru/ru/org/cathedries/ himfizkaf/Documents/2.7.2](https://www.rea.ru/ru/org/cathedries/%20himfizkaf/Documents/2.7.2).).

**9. Наслідки втручання людини в динаміку природних процесів в геосистемах.**

Наслідки втручання людини в динаміку природних процесів на прикладі штучного порушення в екосистемах динамічної рівноваги між кількістю хижаків, патогенів та їх жертв. У природних екосистемах існує динамічна рівновага між кількістю хижаків і їх жертв, а також між організмами-паразитами/патогенами і їх потенційними жертвами. Посилене розмноження організмів - потенційних жертв - сприяє розмноженню хижаків і паразитів, а перевантаження екосистеми хижаками і паразитами - сприяє зменшенню кількості організмів жертв і т.н.

Найбільш яскравим прикладом втручання людини в динаміку природних популяцій є завезення кроликів в Австралію переселенцями. Відсутність природних хижаків і патогенів призвела до гіперрозмноження кроликів, які знищили величезні площі рослинного покриву і привели до екологічної катастрофи в Австралії. І тільки штучне привнесення в популяцію кроликів їх природного патогена - вірусу мікросоми - дозволило скоротити чисельність популяції кроликів. Завезення в Австралію декоративних кактусів-опунцій за відсутності їх природних шкідників - призвело до гіперрозселення кактусів на території Австралії. Тільки завезення комах - природних шкідників кактусів - дозволило контролювати агресивне поширення даної рослини по території Австралії.

|  |  |
| --- | --- |
| Cactoblastis cactorum moth female.jpg  Самка кактусової огнівки (*Cactoblastis cactorum*) (за <https://ru.wikipedia.org/wiki/>) | https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/64/Larvaefeedingoncacti.jpg/150px-Larvaefeedingoncacti.jpg  Гусениці кактусової огнівки, які харчуються на  кактусі-опунції (за <https://ru.wikipedia.org/wiki/> |

Наслідки втручання людини в динаміку природних процесів на прикладі зарегулювання річкового стоку водосховищами і руйнування заплавних екосистем. Заплава - це частина річкової долини, затоплювана під час повені і паводків. Заплавні території, будучи природними геоекотонами, відрізняються незвичайно високим видовим розмаїттям. Штучне зарегулювання річкового стоку в результаті побудови водосховищ, призвело до різкого скорочення площ заплавних територій та до значної втрати видового різноманіття в даних екосистемах.



Повінь на річці Дніпро (<http://nethunter-photo.blogspot.ru/2012/04/blog-post_27.html?m=0>).

Наслідки втручання людини в динаміку природних процесів на прикладі зупинки природних пірогенних циклів в лісах. Аналіз літературних даних, проведений McCullough D.G. з колегами (1998), показав, що політика запобігання екосистемним пожежам, яка проводиться з 1910-х років на території США і Канади, призвела до глибоких змін в складі і в структурі видів, що формують ліси. Ці зміни призвели до підвищення уразливості лісів до пошкодження комахами-шкідниками під час спалахів їх масового розмноження. До початку активного впровадження політики недопущення пожеж - пожежні цикли становили 55 - 70 років. Однак, починаючи з 1911 року, їх тривалість різко зросла. Так, на території Канади до 1900-х рр. природні пожежні цикли становили 60-100 років. Політика запобігання пожеж збільшила періодичність виникнення пожеж до 500 - 1000 років.

Відсутність пожеж призвела до того, що в деяких соснових лісах щільність стояння дерев зросла з 9 до більш ніж 300 дерев на гектар на сьогоднішній день. Внаслідок цього - зросла ступінь закриття поверхні куполом лісу (затінення). Крім того, збільшився шар підстилки, було виявлено зменшення видового різноманіття лісів з накопиченням ялиці Дугласа, білої ялини та ін. порід, яким надають перевагу комахи шкідники місцевих лісів (зокрема, *Choristoneura occidentalis*).

|  |  |
| --- | --- |
| Pinus ponderosa 15932.JPG  Сосна жовта (*Pinus ponderosa* subsp. Ponderosa) (за <https://en.wikipedia.org/wiki/Pinus_ponderosa>). | Pseudotsuga menziesii 7456.JPG  Ялиця Дугласа (*Pseudotsuga menziesii*) (за <https://ru.wikipedia.org/wiki/>). |

Ці види хвойних є більш тіньовитривалими, в порівнянні з іншими видами, наприклад, з сосною жовтою (*Pínus ponderósa*), видом, який домінував в лісах Північної Америки при циклічних екосистемних пожежах.

Накопичення старого деревостою знизило смертність личинок комах шкідників. Домінування в лісах дерев видів-хазяїв і зниження смертності личинок шкідників призвело до збільшення синхронності і тривалості спалахів розмноження західної хвоєвертки, підвищилася смертність дерев до 80% (такий рівень смертності від шкідників ніколи не спостерігався в екосистемах з циклічними пожежами) (за [McCullough et al., 1998).](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=McCullough%20DG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15012386)

|  |  |
| --- | --- |
| Західна хвоєвертка (*Choristoneura occidentalis* Freem) (за http://mothphotographers group. msstate.edu/ species.php?ho).  Симптоми ушкоджень дерев західною хвоє-верткою: мінування хвої, бруньок, молодих пагонів, повне їх всихання, наявність павутини і бурового борошна в місцях присутності гусениць шкідника (за [https://vniikr.ru/ files/ spravochnik/ Perchen %20KBO/ Inform\_o\_KVO/ Choristoneura% 20occidentalis.pdf](https://vniikr.ru/%20files/%20spravochnik/%20Perchen%20%20KBO/%20Inform_o_KVO/%20Choristoneura%25%2020occidentalis.pdf)). | Яйцекладка і гусениці західної хвоєвертки. Пошкодження дерев (за https://caps.ceris. purdue.edu/webfm\_send). |

**Контрольні питання:**

1. Динаміка геосистем.

2. Еволюція геосистем.

3. Дослідження сукцесійних змін в екосистемах. Методи прискорення та гальмування сукцесій.

4. Регулювання швидкості ландшафтної сукцесії.

5. Приклади кліматичних сукцесійних змін в сучасних та в палеоекосистемах.

6. Динамічні сукцесії відновлення екосистем після катастрофічних впливів.

7. Умови, за яких пост-катастрофічні сукцесії стають еволюційними, а не динамічними.

8. Динамічні аутосукцесії.

9. Еволюційні аутосукцесії.

10. Наслідки втручання людини в динаміку природних процесів в геосистемах.

**Література:**

1. Тішков А.А. Географічні закономірності природних і антропогенних сукцесій. Дисертація у формі|у формі| доповіді на здобуття|конкурс| вченого|ученого| ступеня|міри| доктора географічних наук. –М|.: Інститут географії РАН, 1994. – 81 с.

2. Сукцесії і біологічний круговорот|кругообіг| /А.А. Тітлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумов і ін. – Новосибірськ: У «Наука». Сибірська видавнича фірма|фірма-виготовлювач|, 1993. – 157 с.

3. Стан|достаток| біорізноманітності природних екосистем Росії / Під ред|. В.А. Орлова і А.А.Тішкова. М.: НІА. – Природа, 2004. - 116 с.

4. [Arróniz-Crespo M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Arr%C3%B3niz-Crespo%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24819926)., [Pérez-Ortega S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=P%C3%A9rez-Ortega%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24819926)., [De Los Ríos A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=De%20Los%20R%C3%ADos%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24819926)., [Green T.G](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Green%20TG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24819926)., [Ochoa-Hueso R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ochoa-Hueso%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24819926). et al. Bryophyte-cyanobacteria associations during primary succession in recently Deglaciated areas of Tierra del Fuego (Chile) // [PLoS One.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24819926) – 2014. – Vol. 9(5):e96081. doi: 10.1371/journal.pone.0096081.

5. [Carnicer J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Carnicer%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24146668)., [Barbeta A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Barbeta%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24146668)., [Sperlich D](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Sperlich%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24146668)., [Coll M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Coll%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24146668)., [Peñuelas J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pe%C3%B1uelas%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=24146668). Contrasting trait syndromes in angiosperms and conifers are associated with different responses of tree growth to temperature on a large scale // [Front Plant Sci.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24146668) – 2013. – Vol. 4:409. doi: 10.3389/fpls.2013.00409.

6. [Chang C](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Chang%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27785355)., [HilleRisLambers J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=HilleRisLambers%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27785355). Integrating succession and community assembly perspectives // [F1000Res.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27785355) – 2016. – Vol. 5. pii: F1000 Faculty Rev-2294.

7. [Franklin J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Franklin%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26929338)., [Serra-Diaz J.M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Serra-Diaz%20JM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26929338)., [Syphard A.D](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Syphard%20AD%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26929338)., [Regan H.M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Regan%20HM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26929338). Global change and terrestrial plant community dynamics // [Proc. Natl. Acad. Sci. USA.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26929338) – 2016. – Vol. 113(14). – P. 3725 - 3734. doi: 10.1073/pnas.1519911113.

8. [Gichuki J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gichuki%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Omondi R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Omondi%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Boera P](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Boera%20P%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Okorut T](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Okorut%20T%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Matano A.S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Matano%20AS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Jembe T](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Jembe%20T%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574)., [Ofulla A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ofulla%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22619574). Water hyacinth Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laubach dynamics and succession in the Nyanza Gulf of Lake Victoria (east Africa): implications for water quality and biodiversity conservation // [Scientific World Journal.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22619574) – 2012. – Vol. 106429. doi: 10.1100/2012/106429.

9. [Harrison S.P](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Harrison%20SP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26100891)., [Gornish E.S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Gornish%20ES%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26100891)., [Copeland S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Copeland%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26100891). Climate-driven diversity loss in a grassland community // [Proc. Natl. Acad. Sci. USA.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26100891) – 2015. – Vol. 112(28). – P. 8672 - 8677. doi: 10.1073/pnas.1502074112.

10. [Heckenroth A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Heckenroth%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125)., [Rabier J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Rabier%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125)., [Dutoit T](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Dutoit%20T%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125)., [Torre F](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Torre%20F%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125)., [Prudent P](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Prudent%20P%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125)., [Laffont-Schwob I](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Laffont-Schwob%20I%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27665125). Selection of native plants with phytoremediation potential for highly contaminated Mediterranean soil restoration: Tools for a non-destructive and integrative approach // [J. Environ. Manage.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27665125) – 2016. – Vol. 183(Pt 3). – P. 850 - 863. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.09.029.

11. [Jeffers E.S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Jeffers%20ES%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21267469)., [Bonsall M.B](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bonsall%20MB%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21267469)., [Willis K.J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Willis%20KJ%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21267469). Stability in ecosystem functioning across a climatic threshold and contrasting forest regimes // [PLoS One.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21267469) – 2011. – Vol. 18. – P. 6(1):e16134. doi: 10.1371/journal.pone.0016134.

12. [Lu P.L](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Lu%20PL%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27698574)., [DeLay J.K](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=DeLay%20JK%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27698574). Vegetation and fire in lowland dry forest at Wa'ahila Ridge on O'ahu, Hawai'I // [PhytoKeys.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27698574) – 2016. – Vol. 68. – P. 51 - 64.

13. [McCullough D.G](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=McCullough%20DG%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15012386)., [Werner R.A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Werner%20RA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15012386)., [Neumann D](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Neumann%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=15012386). Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America // [Annu. Rev. Entomol.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15012386) – 1998. – Vol. 43. – P. 107 - 127.

14. [Osborne C.P](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Osborne%20CP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18784799). Atmosphere, ecology and evolution: what drove the Miocene expansion of C(4) grasslands? // [J. Ecol.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18784799) – 2008. – Vol. 96(1). – P. 35 - 45.

15. [Podadera D.S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Podadera%20DS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971)., [Engel V.L](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Engel%20VL%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971)., [Parrotta J.A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Parrotta%20JA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971)., [Machado D.L](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Machado%20DL%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971)., [Sato L.M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Sato%20LM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971)., [Durigan G](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Durigan%20G%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26105971). Influence of Removal of a Non-native Tree Species Mimosa caesalpiniifolia Benth. on the Regenerating Plant Communities in a Tropical Semideciduous Forest Under Restoration in Brazil // [Environ Manage.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26105971) – 2015. – Vol. 56(5). – P. 1148 - 1158. doi: 10.1007/s00267-015-0560-7.

16. [Stalter R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Stalter%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336)., [Kincaid D](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kincaid%20D%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21622336). Community development following gamma radiation at a pine-oak forest, Brookhaven National Laboratory, Long Island, New York1 // [Am. J. Bot.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21622336) - 2009 – Vol. 96(12). – P. 2206 - 2213. doi: 10.3732/ajb.0800418.

17. [Tautenhahn S](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Tautenhahn%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Lichstein J.W](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Lichstein%20JW%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Jung M](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Jung%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Kattge J](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kattge%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Bohlman S.A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Bohlman%20SA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Heilmeier H](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Heilmeier%20H%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Prokushkin A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Prokushkin%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Kahl A](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Kahl%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652)., [Wirth C](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Wirth%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=26649652). Dispersal limitation drives successional pathways in Central Siberian forests under current and intensified fire regimes // [Glob. Chang. Biol.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26649652) – 2016. – Vol. 22(6). – P. 2178 - 2197. doi: 10.1111/gcb.13181.