

---

# ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

---

УДК 631.619:635.93:581.52

А. З. Глухов, А. И. Хархота, С. И. Прохорова, И. В. Агурова

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОПУЛЯЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Донецкий ботанический сад НАН Украины*

Обосновывается целесообразность популяционного мониторинга фиторекультивации техногенных земель в связи с ее нарастающими темпами. Излагаются теоретические и методические основы мониторинга формирующихся популяций фитомелиорантов, оценки и прогнозирования успешности фиторекультивации техногенных эдафотопов, определение динамических тенденций.

*Ключевые слова:* фиторекультивация, техногенные земли, травянистые растения, популяции, мониторинг.

О. З. Глухов, Г. І. Хархота, С. І. Прохорова, І. В. Агурова

*Донецький ботанічний сад НАН України*

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПОПУЛЯЦІЙНОГО МОНИТОРИНГУ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТЕХНОГЕННИХ ЗЕМЕЛЬ

Обґрунтовується доцільність популяційного моніторингу фіторекультивациі техногенних земель у зв'язку з її зростаючими темпами. Викладаються теоретичні та методичні основи моніторингу популяцій фітомеліорантів, що формуються, оцінювання та прогнозування успішності фіторекультивациі техногенних едафотопів, визначення динамічних тенденцій.

*Ключові слова:* фіторекультивациія, техногенні землі, трав'янисті рослини, популяції, моніторинг.

A. Z. Glukhov, A. I. Kharkhota, S. I. Prokhorova, I. V. Agurova

*Donetsk Botanic Garden of NAS of Ukraine*

## THEORETICAL GROUNDS OF POPULATION MONITORING DURING THE ANTHROPOGENIC LANDS PLANT REHABILITATION

Expedience of population monitoring is substantiated based on growing scale of the anthropogenic land plant rehabilitation. Theory and practice of the artificial land reclamation plant population monitoring, assessment and prediction of anthropogenic edaphotope plant rehabilitation success as well as dynamic trend determination are outlined.

*Key words:* plant rehabilitation, anthropogenic lands, herbal plants, populations, monitoring.

Одной из важнейших проблем охраны природы и среды обитания человека в период научно-технического прогресса является устранение или ослабление вредного воздействия на биосферу различных отраслей промышленности. В условиях Донбасса, региона с высокой плотностью населения и развитой горнодобывающей промышленностью, эти вопросы приобретают особую актуальность. Только в Донецкой и Луганской областях сосредоточено около 40 % нарушенных земель Украины (в одном г. Донецке более 1 тыс. га городских земель заняты породными и шлаковыми отвалами, шламонакопителями и свалками, на которых складировано более

400 млн т отходов), которые являются постоянным источником загрязнения воздуха и почвы (Земля тревоги нашей..., 2007). Разнообразие техногенных земель очень велико. Это и различные типы отвалов, такие как отвалы угольных шахт (терриконики), металлургических заводов (шлаковые отвалы), гидроэлектростанций (золоотвалы), карьеров по добыче огнеупорных глин, песка, флюсов, и территории промышленных предприятий (промплощадки), и транспортные территории: авто- и железные дороги, и, наконец, урбанизированные территории: застройки, коммуникации, пустыри, рудеральные участки и т. д. (Промышленная ботаника, 1980). Обобщив характеристики, свойства, структуру техногенных (техногенно нарушенных) земель, определяем их как земли, которые потеряли свою хозяйственную ценность и являются источником негативного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного и растительного покрова, особенности формирования и структуры которых обусловлены производственной деятельностью человека, связанной с использованием мощных современных технических средств. Более широким является определение «техногенный ландшафт» как территориальная система, в которой взаимосвязаны как природные, так и общественно обусловленные антропогенно-техногенные элементы. При этом от понятия техногенных земель следует отличать понятие техногенных экотопов, которые представляют собой первичные и вторичные неозкотопы антропогенного происхождения, в своем распространении связанные с антропогенными формами рельефа и являющиеся местом обитания того или иного вида растений. Как правило, они не имеют природных аналогов, отличаются большим разнообразием специфических экологических условий, отдельные факторы достигают экстремальных для жизни растений значений. Особенно широк интервал колебаний аэрозадафических условий: от фитопригодных до фитотоксичных, непригодных для произрастания растений.

Разработка научных основ оптимизации техногенных ландшафтов – очевидна по своей актуальности и является одним из глобальных первоочередных вопросов современной промышленной ботаники и фитоэкологии. Под оптимизацией техногенных ландшафтов понимают систему мер, направленных на восстановление и повышение продуктивности, природоохранной, хозяйственной и эстетической ценности природно-техногенных комплексов, на оптимальную реконструкцию и планировку техногенных ландшафтов с учетом всех потребностей общества. Одной из составных частей оптимизации ландшафта является рекультивация нарушенных земель.

Учитывая обилие терминов и понятий по рекультивации, что связано с необходимостью восстановления различных типов земель (сельскохозяйственных угодий, лесов и т. д.), применительно к техногенным ландшафтам, нами приняты за базовые следующие основные понятия.

Рекультивация нарушенных земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

Рекультивация техногенных земель проходит в два этапа: горнотехнический и биологический. Горнотехнический состоит в подготовке земель, планировке поверхности рельефа, привнесении плодородных почв, мелиоративных работах и т. д. Биологический этап рекультивации состоит из комплекса агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на восстановление среды существования живых организмов и хозяйственной продуктивности земель. Теоретической предпосылкой рекультивации техногенных земель является биогеоценотический принцип. Поскольку основой жизни является единство живых и косных компонентов, то горнотехнический и биологический этапы рекультивации должны представлять диалектическое единство как предпосылку создания оптимальных условий для жизнедеятельности «живого вещества» вновь формируемого биогеоценоза.

Фиторекультивация техногенных земель – комплекс мероприятий, направленных на улучшение и создание плодородия рекультивированных земель с помощью выращивания травянистых, кустарниковых и древесных мелиоративных культур. Фиторекультивация как один из этапов восстановления нарушенных промышленностью земель – это путь не только увеличения продуктивных земель для народного хозяйства (выпасы, сенокосы и т. п.), но и для расширения площади, занятой расти-

тельностью вообще. Это обстоятельство является весьма существенным в условиях индустриального урбанизированного Донбасса, где имеющийся растительный покров явно недостаточен для регенерации образующейся здесь углекислоты, обогащения воздуха кислородом, поглощения вредных выбросов и т. п. (Глухов, 2001).

В настоящее время наиболее широко и разносторонне применяются фитомелиоранты, оптимизационные свойства которых незаменимы в функциональном и выгодны в экономическом отношении. Это дает основание для выделения специального вида производственной деятельности и соответствующей особой научной дисциплины – фитомелиорации. Фитомелиорацией мы называем использование естественной преобразовательной функции растительности в оптимизации ноосферы. Участвуя в оптимизации всей биогеосферы, фитомелиорация уже в силу своей сущности и своей цели не может рассматривать фитомелиорантов вне биогеоценологического покрова Земли. Биогеоценология вскрывает природные закономерности строения и функционирования биогеоценозов, тем самым она является теоретической базой фитомелиорации и всей биомелиорации. Фитомелиоранты – это сообщества автотрофов – фотосинтезирующих продуцентов – высших растений, водорослей (в том числе одноклеточных) и лишайников. Причем естественные фитоценозы в соответствующих им биогеоценозах и биогеосистемах продолжают оставаться непревзойденными по наполнению их фитомелиорантами. Из этого вытекает принцип биогеоценологических аналогов фитомелиорантов, имеющий фундаментальное значение в фитомелиорации: фитомелиоранты должны создаваться как аналоги (натурные модели) соответствующих естественных фитоценозов (Бяллович, 1970).

Таким образом, необходим перевод фиторекультивации техногенных земель на новые, биогеоценологические основы, на принципиально новую методологию с применением комплексных методов экологии, геоботаники, популяционной биологии, морфологии. Большое значение приобретает организация ботанической службы популяционного мониторинга формирования растительного покрова при фиторекультивации техногенных земель, разработка методов оценки уровня успешности фиторекультивационных мероприятий и их прогнозирование.

Поскольку фиторекультивация техногенных земель осуществляется через структурно-функциональную организацию популяций фитомелиорантов, выяснение особенностей динамики растительного покрова при фиторекультивации, прогнозирование его развития возможно наиболее объективно только на популяционном уровне.

При фиторекультивации популяции растений находятся в стадии становления и часто четко отделены определенными границами, которые обусловлены способом размножения растений и возможностью переноса пыльцы, семян или вегетативных органов размножения. Поэтому объем популяций зависит от активности видов, т. е. от расстояния, на которые распространяются диаспоры (Завадский, 1968).

Изоляционные механизмы среды возникают в связи с экологическим выбором формирующихся популяций. Они могут формироваться в зависимости от рельефа местности, субстрата, химизма эдафотопы. Изолированные популяции образуют энтомофильные, реже – анемофильные растения. Они отличаются высокой степенью адаптации к условиям среды и низкой степенью полиморфизма. Локальные популяции представлены колониями растений в отдельных местопроизрастаниях, резко ограниченных пространственными, биологическими или экологическими барьерами. При фиторекультивации техногенных земель популяционная система вида складывается из изолированных популяций, приспособленных к конкретным условиям среды. Дрейф генов здесь не влияет существенно на изменчивость, и в пределах участка рекультивации популяция будет сравнительно мономорфной. Но в условиях отвалов, где склоны разных экспозиций обуславливают значительные отличия экологических факторов (элементы рельефа, разные субстраты, химизм и др.), формируются изолированные популяции фитомелиорантов. Часто такие популяции находятся на небольшом расстоянии одна от одной, но могут отличаться генетически детерминированными фенотипическими признаками: опушением, жилкованием цветков и пр.

Особую актуальность и сложность имеет проблема подбора фитомелиорантов, пригодных для рекультивации техногенных земель в антропогенно трансформированных регионах.

Подбор растений для фиторекультивации техногенных земель целесообразно проводить в четырех направлениях: отбор устойчивых экотипов растений с выраженным фитомелиоративным эффектом при изучении спонтанного зарастания техногенных экотопов; отбор фитомелиорантов из аборигенной флоры; интродукционное изучение растений; экспериментальное испытание растений на различных эдафотопках техногенных земель. При этом наиболее эффективным является поэтапное изучение биоэкологических особенностей видов растений: при отборе исходного материала, интродукционном испытании и апробации в техногенных экотопах. В условиях экологического несоответствия промышленной среды в качестве фитомелиорантов могут быть использованы в степной зоне в основном три эколого-биологические группы травянистых растений: 1) растения, обладающие способностью к симбиотической фиксации молекулярного азота; 2) растения, проявляющие солевой эффект (облигатные и факультативные галофиты); 3) злаки, отличающиеся мощно развитой корневой системой и экологической пластичностью. На каменистых и меломергельных субстратах перспективными фитомелиорантами могут быть псаммо-, петрофиты и кальцефиты, а на подвижных субстратах – эрозиофиты (Хархота, 1983, 1989, 1990, 2001).

Наиболее общей характеристикой формирования популяций фитомелиорантов является **количественное определение** внешних и внутренних явлений, происходящих в популяционных системах. Например, Дж. Харпер (Harper, 1977) главную задачу популяционной биологии видит в **изучении изменений численности** организмов (разница в численности организмов разных местообитаний от одного момента до другого). Популяция должна рассматриваться с учетом особей, которые могут быть молодыми и старыми, большими и маленькими, женскими и мужскими (Ценопопуляции..., 1988). Она связана с направленным влиянием (действием) абиотических факторов среды, которые могут влиять на количественный рост и выживание отдельных особей популяции, со стрессами, следствием которых является рост популяций (Малиновский, 1983, 1986). Кроме численности, необходим учет таких групповых признаков популяций, как плотность, рождаемость и смертность, распределение по возрасту, характер распределения на территории и другие признаки, которые формируются в связи с условиями окружающей среды (Хархота, 1994). Так как эти признаки все время изменяются, то это дает основание при популяционном мониторинге, при изучении динамики популяций фитомелиорантов определять верхние и нижние границы (значения) параметров, а также выяснять факторы и/или механизмы, которые регулируют эти изменения.

Для выявления особенностей становления растительного покрова в техногенных экотопах при фиторекультивации нами выделены следующие составные популяционного анализа:

1. Биоэкологический адаптивный потенциал видов как совокупность специализированных адаптаций и приспособительных возможностей, реализующихся под влиянием факторов промышленной среды.

2. Типы стратегий видов растений, отражающие наиболее общие адаптационные свойства видов, их конкурентоспособность.

3. Возрастной состав популяций. Варьирование возрастной структуры позволяет популяциям сохранить свои свойства в условиях непрерывного изменения среды, оно имеет важное адаптивное значение. Т. А. Работнов (1950) предложил выделять инвазионные, нормальные, регрессивные популяции. Нормальная популяция считается полночленной, если в ее составе имеются особи всех возрастных состояний. Если преобладают средневозрастные особи, то такие популяции – зрелые, в случае преобладания молодых особей – молодые популяции.

4. Плотность популяций, выражаемая количеством особей на единицу площади популяционного поля, раскрывает их ценотическую роль, адаптированность и динамику в условиях техногенных экотопов. Плотность особей на популяционном поле

техногенных экотопов формируется специфическими условиями среды, а также зависит от ряда биотических факторов: соотношения рождаемости и смертности особей, наличия, пополнения и изменения почвенного банка семян, варьирования размеров особей, нарушения онтогенеза и др. Популяционная плотность влияет на онтогенез растений, репродукционную стратегию, возрастную и виталитетную структуры, численность и жизнеспособность популяций. Экстремальные экологические условия и стрессовые ситуации в техногенных экотопах вызывают изменения плотности, а затем и других популяционных параметров.

5. Размещение особей в топопопуляциях. Определение уровня и типа заполнения популяционного поля свидетельствует об адаптации видов в техногенных экотопах. Размещение особей в пределах топопопуляций в разных техногенных экотопах разное, бывает сплошным в некоторых частях популяционного поля, диффузным, локусным, контактным. Чаще всего гетерогенность экстремальных условий техногенных экотопов обуславливает неравномерность размещения особей и их групп, что сказывается на формировании особенностей горизонтальной пространственной структуры популяции, ее мозаичности.

6. Морфометрические показатели биоморфа дают возможность определить адаптивный морфогенез видов (Глухов, 2001).

Анализ топопопуляций видов растений по указанным выше параметрам позволяет оценить их устойчивость, выявить механизмы адаптации их к специфическим условиям промышленной среды, установить характерные особенности растительного покрова в техногенных экотопах и прогнозировать его развитие. Популяции растений не существуют вне сообществ. Они являются компонентами ценозов, и все процессы в них происходят под влиянием **биогеоценотических условий**.

Изучение динамики формирования популяций фитомелиорантов – важнейшая задача, решение которой позволяет осуществить один из вариантов биомониторинга – популяционный мониторинг фиторекультивации.

С учетом вышеизложенного нами разработана популяционная концепция мониторинга фиторекультивации техногенных земель, основанная на новых, биогеоценотических принципах с использованием комплексных методов экологии, геоботаники, популяционной биологии.

Концепция популяционного мониторинга фиторекультивации техногенных земель базируется на том, что состояние популяций фитомелиорантов и их адаптационные параметры отображают состояние окружающей среды. Названная концепция имеет многоцелевое назначение, основными блоками которого являются оценка состояния популяций растений и сопряженная фитоиндикация состояния среды (в частности, эдафотоп) (рисунок). Считаем наиболее перспективным и информационным способом популяционного мониторинга фиторекультивации техногенных земель использование функционально-структурных фитоэкологических моделей – формирующихся популяций фитомелиорантов с определенными параметрами в качестве интегральных показателей и их корреляционная связь с дифференцированными факторами среды (рН субстрата и т. п.).

Популяционный мониторинг относится к пассивному виду фитомониторинга, когда используют формирующиеся популяции фитомелиорантов, определяя их структурно-функциональные отклонения от нормы или сходство параметров, изменения и тенденции динамики. Мониторинг популяций растений в техногенных экотопах дает возможность ботанического прогнозирования, познания внутривидового разнообразия, установления механизмов адаптации видов в условиях техногенеза и может быть использован для регулярного наблюдения за состоянием и динамикой процесса фиторекультивации техногенных земель на основе учета индикационных параметров формирования популяций фитомелиоративных растений и сопоставления с данными анализов состояния эдафотопов рекультивируемых земель (Хархота, 1993, 1994).

Определение связей между факторами состояния среды и популяциями фитомелиорантов имеет три направления: 1) исследование параметров эдафотопов, на



котором формируются популяции фитомелиорантов; 2) исследование стратегии (поведения) и реакции особей в популяции, которая формируется; 3) функционально-структурные особенности популяций фитомелиорантов.

Проведенные экспериментальные работы и 30-летний опыт мониторинга фиторекультивации отвалов угольных шахт в Донбассе свидетельствуют о целесообразности и перспективности данного научно-практического направления (Патент..., 2009).

Таким образом, популяционный мониторинг фиторекультивации, анализ жизнеспособности формирующихся популяций ключевых видов-фитомелиорантов может стать первым и самым верным шагом на подступе к проблеме реального моделирования жизнеспособности целостных экологических систем рекультивируемых техногенных земель.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бяллович Ю. П.** О некоторых биогеоценологических основах общей теории фитомелиорации / Ю. П. Бяллович // Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии. Отд. биологический, секция ботаники: Тр. Моск. о-ва испытателей природы. – 1970. – Т. 38. – С. 5-16.
- Глухов О. З.** Индикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин / О. З. Глухов, С. І. Прохорова // Промислова ботаніка. – 2008. – Вип. 8. – С. 3-11.
- Глухов А. З.** Растения в антропогенно трансформированной среде / А. З. Глухов, А. И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 5-10.
- Завадский К. М.** Вид и видообразование / К. М. Завадский. – М.: Наука, 1968. – 404 с.
- Земля тревоги нашей.** По материалам доклада о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2006 году / Под ред. С. Третьякова, Г. Аверина. – Донецк, 2007. – 116 с.
- Малиновський К. А.** Популяційна біологія рослин: її цілі, завдання і методи / К. А. Малиновський // Укр. ботан. журн. – 1986. – Т. 43, № 4.
- Малиновський К. А.** Основні напрямки у вивченні популяцій рослин / К. А. Малиновський, Й. В. Царик // Укр. ботан. журн. – 1983. – Т. 40, № 6. – С. 14-22.
- Патент 40471** Україна, МПК (2009) А01В 79/00. Спосіб фіторекультивуації відвалів вугільних шахт з використанням *Gypsophila scorzonifolia* Ser. / Глухов О. З., Хархота Г. І., Агурова І. В., Горохова О. М., Жуков С. П., Прохорова С. І., Аверчук А. С.; заявник і патенто власник Донецький ботанічний сад НАН України. – № у 2008 13053; заявл. 10.11.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 16 с.
- Промышленная ботаника** / Е. Н. Кондратюк, В. П. Тарабрин, В. И. Бакланов, Р. И. Бурда, А. И. Хархота. – К.: Наук. думка, 1980. – 257 с.
- Работнов Т. А.** Вопросы изучения состава ценопопуляций для целей фитоценологии / Т. А. Работнов // Проблемы ботаники. – М.: Наука, 1950. – Вып. 1. – С. 465-483.
- Хархота А. И.** Перспективы использования аборигенной флоры для фиторекультивации техногенных земель в Донбассе / А. И. Хархота // Тез. докл. VII делегат. съезда ВБО. – Л.: Наука, 1983. – С. 327-328.
- Хархота А. И.** Подбор фитомелиорантов для рекультивации техногенных земель / А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1989. – Вып. 12. – С. 45-47.
- Хархота А. И.** Состояние и перспективы интродукционного изучения фитомелиорантов в Донецком ботаническом саду АН УССР / А. И. Хархота // Ботанические исследования на Украине (Докл. УБО). – К.: Наук. думка, 1990. – С. 106-107.
- Хархота А. И.** Об особенностях виталитета популяций растений в техногенных экотопах / А. И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 20. – С. 47-51.
- Хархота Г. І.** Моніторинг популяцій рослин в техногенних екотопах / Г. І. Хархота // Охорона генофонду рослин в Україні: тез. доп. наук. конф. (Кривий Ріг, трав. 1994 р.). – Донецьк, 1994. – С. 101.
- Хархота Г. І.** Про кадастр «Біологічна різноманітність фітомеліорантів південного сходу України» / Г. І. Хархота // Матер. XI з'їзду Укр. ботан. т-ва (Харків, 25-27 верес. 2001 р.). – Х., 2001. – С. 283-284.
- Ценопопуляции растений** (Очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 184 с.
- Harper J. Z.** Population biology of plants. – London; New York; San Francisco: Academic Press, 1977. – 892 p.

*Надійшла до редколегії 02.03.10*