

**ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM**

УДК 581.5 : 911.52 : 504.54 : (477.60)

© А. И. Сафонов

**ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ
КАК ЭЛЕМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОТОПОВ
(К 100-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА М. Л. РЕВЫ)**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, РФ, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы). – Установлено, что ландшафтно-индикационный подход в изучении геосистем Донбасса традиционно является функциональным, информативным и актуальным в связи с востребованностью проведения диагностических мероприятий в регионе. На основании рабочей классификации М. Л. Ревы, предложенной в 1975 г., проводятся многие экологические исследования территории современного центрального Донбасса. Эмпирически сформированная классификация техногенных экотопов М. Л. Ревы является научно-методологической основой для планирования и реализации программ биоэкологического мониторинга и экспертизы состояния антропогенно трансформированной среды в Северном Приазовье.

Ключевые слова: техногенные ландшафты Донбасса, фитоиндикация, антропогенные экотопы, М. Л. Рева.

Введение

Биоразнообразие в экосистемах глубоких антропогенных трансформаций испытывает стимулирующую индукцию адаптациогенеза для всех форм жизни, составляющих эко- и биотопы на разных сукцессионных стадиях. В таких условиях задача многих натуралистических исследований и биотехнологических разработок заключается в определении роли каждого вида в его стремлении сформировать устойчивое сообщество при соответствии макроклиматическим характеристикам и возможностям выживания каждой отдельной особи в локальных токсических условиях. Примером успешной организации научно-исследовательской работы в условиях открытых ландшафтных фитосистем промышленного Донбасса является деятельность доктора биологических наук, профессора, заведующего кафедрой ботаники Донецкого государственного университета Михаила Лукича Ревы (1922–1996 гг.), научное наследие которого [13, 14] является и на сегодняшний день методологической основой для планирования и проведения полифункциональных [2, 4, 6, 11, 28, 30] или узкоспециализированных [1, 7–10, 17, 21, 31] экспериментов ботанико-экологического содержания и хозяйственно полезного назначения в антропогенно трансформированных экотопах.

Цель работы – на основании авторских разработок и иллюстративных примеров профессора кафедры ботаники Донецкого государственного университета Михаила Лукича Ревы выделить современные ландшафтно-индикационные исследования, которые по своему характеру исполнения согласуются с авторскими методиками и сформированным традиционным подходом при проведении научного эксперимента в промышленном регионе.

В год исполнения 100 лет со дня рождения М. Л. Ревы к публикации были подготовлены некоторые сведения, отражающие преемственность научных открытий 50–70-х годов XX века с современными исследованиями [12, 17, 18], что в целом сохраняет традицию освещения историко-биологических фактов о выдающихся ученом Донбасса [5], – как пример нравственной организации жизни и работы в техногенно напряженном регионе.

Материал и методы исследования

В работе представлены данные ретроспективного анализа по технологии изучения промышленных ландшафтов Донбасса и сведения о состоянии разных категорий экотопов с точки зрения фитоиндикационной изученности. Ландшафтно-экологический подход М. Л. Ревы [13, 14] согласуется со многими современными технологиями, внедряемыми на международном уровне [3, 23, 27, 29, 32], а также имеющими прямое отношение к изучению

биоразнообразия в урбанизированных агломерациях центрального Донбасса [7, 9, 20, 22, 24–26]. Для реализации фитомониторинговых программ и констатаций фактов о состоянии растений-индикаторов в принципиально различных ландшафтных системах техногенно измененной местности использовали результаты работы лаборатории кафедры ботаники и экологии [15, 16, 19] в непосредственном сотрудничестве с кафедрой аналитической химии Донецкого национального университета [1] и кафедрой геоинформатики Донецкого национального технического университета [20].

Пробные площадки (узлы локализации фитомониторинговой сети) соотнесены как по локальным геоинформационным характеристикам, так и по категориям экотопов в соответствии с рабочей классификацией М. Л. Ревы (рис. 1). Представление материалов по типам, классам и группам ландшафтов Донбасса в таком виде (см. рис. 1) обусловлено необходимостью публикационного обнародования единственного сохранившегося документа на эту тему, выполненного автором, и представляющего на сегодня музейный экспонат Донецкого национального университета. Изначально сформированная рабочая классификация как научный продукт эмпирического характера представляет собой ценность в проведении полевых исследований, носящих преимущественного диагностический характер (оценка, комплексный и ингредиентный мониторинг, выявление факторов экологического риска и резкого антропогенного импакта).

Результаты и обсуждение

При анализе классификационной схемы техногенных ландшафтов Донбасса, предложенной М. Л. Ревой в 1975 г. (см. рис. 1), установлены следующие особенности, имеющие значение для актуальной научно-практической деятельности:

- уникальность региональной модели отражена в эксклюзивности терминологического аппарата на русском языке, что не имеет прямых аналогов для перевода на другие языки мира, но позволяет дифференцировать экотопы по способу их хозяйственного использования и специфике техногенного импакта, например, «промышленно-индустриальные ландшафты», «сторожевые курганы», «шлаковые поля»;

- идеология классификации логически согласуется с последовательностью эксплуатации человеком ресурсов региона в историческом аспекте: от лугово-пастбищных и лесных классов, через сельскохозяйственные и селитебные к промышленно-индустриальным с разветвленной сетью типификаций и выделений групп как факторов, формирующих резкие переходы геохимической среды по сравнению с континуальными природными циклами;

- в отдельных категориях рассмотрены водные ландшафты, которые преимущественно имеют аazonальные особенности своей дислокации, соединяя все остальные классы ландшафтов с конкретным геолокалитетом; некоторые типы водных ландшафтов также могут быть рассмотрены как варианты промышленно-индустриальных, например, пруды-накопители и пруды-отстойники промышленных предприятий; автор также подчеркивает искусственный характер целевого формирования многих водных объектов, а также их относительную динамичность, вплоть до исчезновения культивируемых характеристик в связи с сезонными особенностями или с утратой хозяйственной необходимости;

- в эколого-токсическом аспекте изучения разнообразия экосистем Донбасса наибольшую ценность при дифференциации ландшафтов на группы представляет собой дробность карьерно-отвальных и аккумулятивно-отвальных типов ландшафтов: отвалы горных вскрышных пород, гидроотвалы, промышленный карст, карьеры открытой разработки ископаемых отделены от породных и шлаковых отвалов, золоотвалов и шламонакопителей, в чем выделяется функциональная разница для диагностических мероприятий, например, по фитоиндикации и мониторингу с использованием видов растений стресс-устойчивой стратегии выживания в указанных экотопах;

- классификация предусматривает перспективное дополнение в классе, например, для прочих антропогенных ландшафтов, что может быть связано с появлением неоспецифической формы воздействия на экосистемы, а также в типах дорожных и коммуникационно-силовых ландшафтов для последующего деления на группы.

ТЕХНОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ДОНБАССА

Классы	Типы	Группы
I. Дугово-пастбищные ландшафты	1. Мелиорированные луга 2. Улучшенные пастбища	
2. Лесные ландшафты	3. Искусственные насаждения 4. Противозерозионные массивные насаждения 5. Мелиоративные насаждения 6. Рекреационные леса	
3. Сельскохозяйственные ландшафты	7. Распахиваемые земли 8. Террасированные склоны 9. Орошительные пруды-накопители	
4. Селитебные ландшафты	10. Сельские селитебные ландшафты 11. Поселковые одноэтажные селитебные ландшафты 12. Городские многоэтажные селитебные ландшафты	
5. Водные ландшафты	13. Водохранилища и искусственные моря 14. Пруды оросительные 15. Пруды-накопители и пруды-отстойники промышленных предприятий 16. Реки, в которые сбрасываются промышленные стоки	
6. Промышленно-индустриальные ландшафты	17. Карьерно-отвальные ландшафты 18. Аккумулятивно-отвальные ландшафты 19. Промышленные и городские пустыри 20. Дорожные ландшафты 21. Коммуникационно-силовые ландшафты	а) обнажения и отвалы горных вскрышных пород б) гидроотвалы в) промышленный карст г) карьеры открытой разработки ископаемых а) породные отвалы шахт и обогажительных фабрик б) шлаковые отвалы металлургических производств в) шлаковые поля, золоотвалы г) шламонакопители а) свалки и места скопления промышленного мусора б) свалки бытового мусора
7. Прочие антропогенные ландшафты	22. Могилинные и сторожевые курганы	

Рис. 1. Классификация техногенных ландшафтов Донбасса М. Л. Ревы (музейный экспонат ДонНУ)

В категории прочих антропогенных ландшафтов (см. рис. 1) отмечены могильные и сторожевые курганы, что также отражает специфику этно-исторических процессов в регионе и выделяет культурологическую функцию при анализе всей классификации, – опытным путем установлено, что большинство таких типов ландшафтов составляют на сегодня буферные территории природно-заповедного фонда Донецкой Народной Республики.

Предложенное разнообразие техногенных ландшафтов позволяет современным исследователям проводить достоверный анализ территории, учитывая принадлежность каждого локалитета к конкретной классификационной единице:

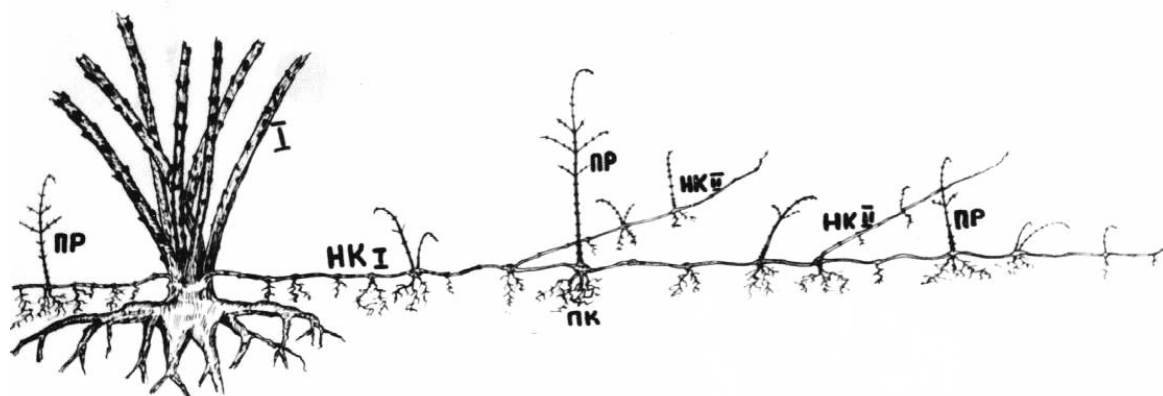
- это детерминирует проведение сравнительного анализа экотопов в рамках одного типа воздействия на природные среды, что важно, например, для территорий металлургических комбинатов, предприятий коксохимического производства, отдельных шламонакопителей (в этом аспекте апробированы технологии изучения семенного (карпологического и эмбриологического) материала видов растений *Amaranthus retroflexus* L., *Atriplex patula* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Senecio vulgaris* L. и др.;

- не во всех случаях фитоиндикационная характеристика может быть представлена в картографическом материале как плоскостная закономерность (из-за отсутствия некоторых видов или их состояния в конкретных ландшафтах), поэтому необходимо оперировать теми данными, которые могут иметь ранжированный экологический ряд как основу при формировании квантификационной шкалы, например, по реализации вегетативных стратегий выживания видов *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Dianthus campestris* M. Bieb, *Sagina procumbens* L., *Persicaria maculosa* Gray и др.;

- использование анализируемой классификации упрощает технологию выбора объектов для реализации отдельных сценариев экологического мониторинга, например, для фонового анализа важными являются характеристики жизненного состояния и габитуальной нормы *Cichorium intybus* L., *Reseda lutea* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., для импактного мониторинга по загрязнению воздушной среды – структурные характеристики покровных тканей как пограничных барьеров в системе воздействия на растительный организм, что также апробировано для видов *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.), *Gypsophila paniculata* L., *Amaranthus albus* L., *Dianthus campestris* M. Bieb, *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Centaurea diffusa* Lam., *Agrostis stolonifera* L.; для ингредиентного мониторинга по загрязнению техноземов или строительных субстратов рекомендованы к использованию виды с широкой экологической амплитудой и высоким уровнем фенотипической пластичности в барьерной последовательности «субстрат – корень – побеговая система», например, *Stellaria subulata* Boeber ex Schlecht, *Nigella arvensis* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Atriplex mircantha* C. A. Mey., *Cynoglossum officinale* L., *Portulaca oleracea* L.

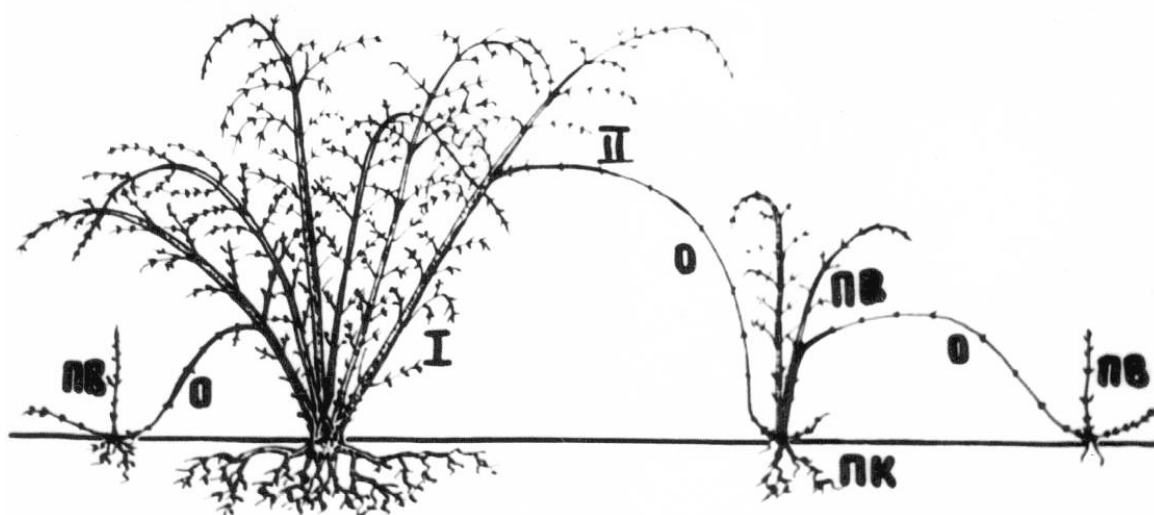
Установлено, что карьерно-отвалы ландшафты (согласно анализируемой классификации) могут быть оценены с помощью аут- и демографо-фитоиндикационных методов, поскольку данные о структуре популяции видов разных стратегий захвата территории и способов выживания в токсически неблагоприятной среде [18] дают информацию о стадиях сукцессионных процессов и эффективности зарастания терриконика или другого элемента нео-ландшафтной характеристики, что важно в квантификации рекультивационных работ. Такие методы важны в оптимизационных мероприятиях по облагораживанию техногенной среды и существенному снижению токсического воздействия на сопредельные территории и экосистемы.

Этому аспекту в работах М. Л. Ревы были посвящены отдельные фундаментальные и прикладные вопросы, публикации, разработаны технологии интенсификации способов фиторекультивационных работ на нарушенных территориях. В основу таких подходов положена концепция структурной пластичности видов и их адаптаций к факторам стресса (рис. 2).

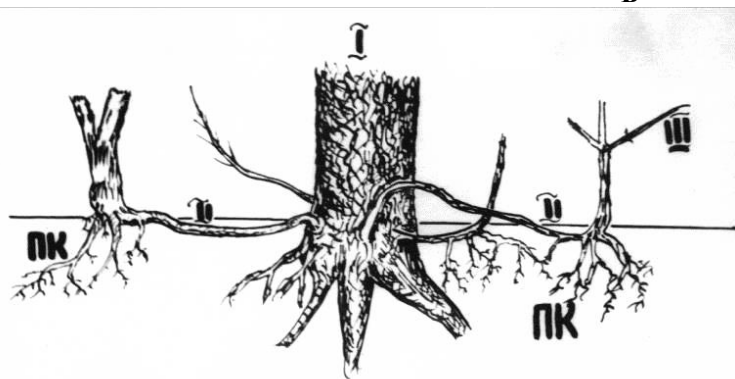


I – ось I порядка
 НК I – надземное корневище I порядка
 НК II – " " " II "
 ПР – побеги размножения
 ПК – придаточные корни

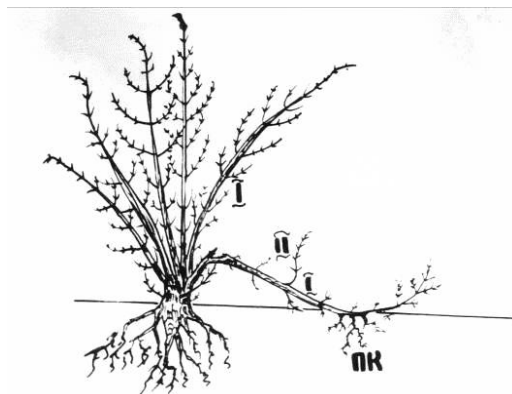
А



Б



В



Г

Рис. 2. Варианты авторского изображения М. Л. Ревой модусов мобильности древесных и кустарниковых растений как объектов оптимизационных технологий в антропогенно нарушенных экотопах Донбасса:
 А – *Symphoricarpos orbiculatus* Moench; Б – *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl; В – универсальная схема формирования прикорневых порослевых побегов при вегетативном размножении фанерофитов;
 Г – схема вегетативного размножения кустарников укоренением базовых побегов (технология оптимизации) (музейный экспонат ДонНУ)

Структурная пластичность как вариант фенотипической разницы видов растений в контрастных геохимических условиях при индуцированном процессе направленных приспособлений к неблагоприятным факторам среды является также основой реализации программы фитоиндикационного мониторинга в Донбассе, поскольку выявление информационной значимости видов основано на структурном шкалообразовании и дальнейшей индексации характеристик функционального строения в соответствии со степенью и спецификой антропогенного воздействия на ландшафт.

Основное внимание при подготовке микропрепаратов М. Л. Ревой было уделено частям растений, имеющим ткани с тотипотентными характеристиками, то есть меристематической активностью первичного и вторичного типа, чтобы направить точки роста на способы вегетативного размножения. Также важный функциональный эффект был достигнут в значительном превалировании вегетативного размножения, что обеспечило быструю успешность технологии по озеленению формами (экологическими подвидами) тех особей, которые прошли процесс первичного сукцессионного выживания на токсически агрессивном субстрате. Если же подобная задача стояла при использовании технологий генеративного способа размножения, тогда это требовало большей экспозиции эксперимента. При расщеплении признаков и наследовании тех или иных приобретенных свойств многие особи последующих генераций утрачивали способность к выживанию, но всегда оставался определенный процент (2–3 %) особей из нового поколения, обладающих признаками устойчивости высокого уровня, который невозможно было получить только путем вегетативного размножения. Поэтому при рекультивационных и индикационных разработках внимание уделяется в комплексе как вегетативным соматическим преобразованиям видов, так и возможности закрепления успешных признаков в следующих поколениях преимущественно в результате спонтанного мутационного процесса.

М. Л. Ревой были также самостоятельно получены микроструктурные фотоматериалы, поперечные и продольные срезы древесных и кустарниковых растений на разных этапах использования в фиторекультивационном эксперименте (эти данные проанализированы в отдельной публикации [17]). Обозначены признаки гистологических особенностей морфогенеза растений (точки роста) в модусах строения и мобильности растений, используемых преимущественно в программах по озеленению террикоников, механизмы появления меристематической активности в тех частях растения, которые способны сформировать отдельную особь путем вегетативного размножения.

Ранее отмечено [18], что из категории карьерно-отвальных ландшафтов выделены группы в аспекте сопряжения с фитоиндикационными разработками:

1) индексы по соотношению жизненных форм доминатов и асектаторов, что также отражает способы компактизации экологических ниш в тех условиях, где требуется формирование вторичных сукцессионных рядов, продуктивных и самоподдерживающихся сообществ, хотя в таких ситуациях резко возрастает роль фитоценотического барьера, — преимущество имеют те особи, которые по своей пластичности способны корректировать жизненную стратегию под меняющиеся условия среды и в борьбе за ресурсы (в первую очередь за фактор увлажнения);

2) преимущество при сборе информации на гидроотвалах отдается видам мохообразных с широкой экологической амплитудой, высокой аккумулятивной способностью к токсикантам и стресс-устойчивой стратегией выживания, например, виды *Tortula muralis* Hedw., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Leskea polycarpa* Hedw., *Orthotrichum speciosum* Nees и *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., однако в этой серии экспериментов по фитодиагностическому аспекту важно еще сохранить значение фактора инсоляции в минимальных параметрах, то есть забор образцов нужно проводить с северных склонов и границах локальных водоразделов при формировании микрорельефа;

3) промышленный карст анализируется по фитоиндикационным критериям в группе видов сорно-рудеральной фракции местной флоры, например, при использовании

структурно-функциональных характеристик (поверхность листового аппарата, структурная гетерогенность пыльцевого и семенного материала, способы формирования архитектоники и побегообразования) видов *Plantago lanceolata* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Achillea nobilis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Papaver rhoeas* L., *Atriplex mircantha* C. A. Mey., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Melilotus albus* Medik. и др.;

4) карьеры открытой разработки ископаемых оценены по данным обилия видов (*Amaranthus retroflexus* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Chelidonium majus* L., *Cynoglossum officinale* L., *Radula complanata* (L.) Dumort., *Rumex crispus* L.), рудеральной стратегии, использование которых формирует тренд токсической нагрузки на ландшафтные системы.

Таким образом, классификационные единицы при идентификации техногенных ландшафтов Донбасса сопряжены со способами выживания растений и соответствующими технологиями их использования в оптимизационных и индикационных целях, что объединяет как прикладное направление по фиторекультивации, так и позволяет осуществлять задачи пассивного и активного экологического фитомониторинга в старопромышленном регионе с нео-антропогенными воздействиями как следствие социальных конфликтов на территории Северного Приазовья.

Выводы

Классификационная схема техногенных ландшафтов М. Л. Ревы на сегодня является основой для реализации биоэкологического эксперимента диагностического характера, устанавливающего не только степень трансформации ландшафтной единицы, но и дифференцированный уровень токсического воздействия на природные среды.

В основе концептуального подхода фиторекультивационных работ, реализованных непосредственно М. Л. Ревой, лежит морфоструктурная адаптация растений к неблагоприятным условиям промышленной среды и селективный отбор тех видов, которые реализуют свой адаптационный потенциал, что также в полной мере сопряжено с актуальной методикой использования растений в качестве индикаторов состояния открытых природных систем.

Работа выполнена в рамках инициативной научной темы биологического факультета ДонНУ «Ботаника антропогенеза: индикация и оптимизация» с государственной регистрацией № 0122D000085.

Список литературы

1. Алмасова А. С., Сафонов А. И. Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 5–13. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-5-13>
2. Бадмаева С. Э., Космаков В. И., Бадмаева Ю. В., Бакач А. А. Формирование техногенного ландшафта при добыче полезных ископаемых // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5 (158). С. 69–72. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-5-69-72>
3. Быкова Г. И., Косточкина О. В., Иванова Е. И. Ландшафтная рекультивация открытых горных карьеров – инновационное направление в архитектуре // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2021. № 2. С. 127–137. <https://doi.org/10.33920/sel-04-2102-08>
4. Глухов А. З., Сафонов А. И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7–14.
5. Горецкий О. С., Столярова Т. П., Сафонов А. И. К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906–2000) // Историко-биологические исследования. 2021. Т. 13, № 4. С. 169–183. <https://doi.org/10.24412/2076-8176-2021-4-169-183>
6. Епринцев С. А., Куропан С. А., Клепиков О. В. Геоинформационный анализ факторов экологической безопасности городов Центрально-Черноземного региона России // Климатические изменения и «зеленые» технологии в ландшафтной среде : матер. Междунар.

конференции. Грозный : Чеченский гос. ун-т им. А. А. Кадырова, 2022. С. 37–41. <https://doi.org/10.36684/72-1-2022-37-41>

7. Жуков С. П. Флористическое разнообразие антропогенных экосистем центральной части Донбасса // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 4 (1). С. 118–122. <https://doi.org/10.24411/2073-1035-2018-10099>

8. Ильминских Н. Г., Красноперова С. А. Тератоморфы сосудистых растений в спонтанной флоре арктических и субарктических районов Тюменской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8, № 4. С. 72–81.

9. Калинина А. В. Состояние ценопопуляций видов рода *Oenothera* L. в трансформированных экотопах Донбасса // Лесохозяйственная информация. 2022. № 3. С. 135–144. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.12>

10. Мирненко Н. С. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 55–61. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-55-61>

11. Осинцева М. А., Миленьева И. С., Голубцова Ю. В. Физико-химический анализ почвенного покрова техногенно нарушенных территорий Кузбасса // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14, № 2 (52). С. 252–262. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2022-14-2-252-262>

12. Петкогло О. В., Сафонов А. И. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А : Естественные науки. 2022. № 3. С. 72–79.

13. Рева М. Л. Возобновления растительного покрова в специфических условиях техногенных ландшафтов Донбасса // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М. : Наука, 1978. С. 136–147.

14. Рева М. Л., Хархота А. И. Растительность техногенных земель в Донбассе // Растения и промышленная среда. Свердловск : УрГУ, 1978. С. 33–34.

15. Сафонов А. И. Ботанико-экологические маркеры квантификации природных сред в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3–4. С. 40–47.

16. Сафонов А. И. Эмпирика фитоколичественной антропогенно трансформированной среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 42–47.

17. Сафонов А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2022 а. № 1. С. 135–140.

18. Сафонов А. И. Фитоиндикация промышленно-индустриальных ландшафтов Донбасса // Современные исследования в науках о Земле : ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения : Матер. Междунар. конф. Астрахань : Астраханский гос. ун-т, 2022 б. С. 154–156.

19. Сафонов А. И. Опыт построения аутфитоиндикационных экологических шкал для антропогенно трансформированного региона // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2022 в. № 3. С. 80–86.

20. Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2019. № 3–4. С. 171–175.

21. Ткачева Е. В., Галкина М. А., Стогова А. В. Терриконы в г. Сафонове Смоленской области: растительный покров 20 лет спустя // Трансформация экосистем. 2021. Т. 4, № 4 (14). С. 54–64. <https://doi.org/10.23859/estr-210625>

22. Фрунзе О. В. Фиторемедиация почв, загрязненных ионами тяжелых металлов, с помощью древесных и кустарниковых растений // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 92–98. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-92-98>
23. Черных Н. А., Баева Ю. И., Карабанова Д. Н., Нечепуренко А. И. Мониторинг состояния окружающей среды в зоне влияния полигона промышленных и бытовых отходов методами биоиндикации // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 9. С. 38–43. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-9-38-43>
24. Штириц А. Д. Панцирные клещи (Acari: Oribatida) техногенно трансформированных экосистем Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021 а. № 1–2. С. 67–71.
25. Штириц А. Д. Особенности экологической структуры сообществ панцирных клещей рекультивированного и нереккультивированного отвалов угольных шахт г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021 б. № 3–4. С. 73–86.
26. Mirnenko E. I. Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius River and its reservoirs // Ecosystem Transformation. 2022. Vol. 5, N 2(16). P. 3–13.
27. Pashentsev D. A., Abramova A. I., Eriashvili N. D., Grimalskaya S. A., Gafurova A. Ya., Kharisova G. M., Karpenko G. V., Avilova V. V. Digital software of industrial enterprise environmental monitoring // Ekoloji. 2019. Vol. 28 (107). P. 243–251.
28. Sokolov D. A., Androkhonov V. A., Abakumov E. V. Soil formation in technogenic landscapes: trends, results, and representation in the current classifications (Review) // Tomsk State University Journal of Biology. 2021. N 56. P. 6–32. <https://doi.org/10.17223/19988591/56/1>
29. Sukhacheva E. U., Aparin B. F. Soil cover patterns in anthropogenically transformed landscapes of Leningrad oblast // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52, N 9. P. 1146–1158. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070123>
30. Teodosiu C., Robu B., Cojocariu C., Barjoveanu G. Environmental impact and risk quantification based on selected water quality indicators // Natural Hazards. 2015. Vol. 75. P. 89–105. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0637-7>
31. Yu H., Huang J., Ji C., Li Z. Construction of a landscape ecological network for a large-scale energy and chemical industrial base: a case study of Ningdong, China // Land. 2021. Vol. 10, N 4. P. 344. <https://doi.org/10.3390/land10040344>
32. Zaghloul A., Saber M., Gadow S., Awad F. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems // Bulletin of the National Research Centre. 2020. Vol. 44, N 127. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>

Safonov A. I. Landscape-indicating developments as an element of optimization of technogenic ecotopes (to the 100th anniversary of Professor M. L. Reva). – It has been established that the landscape-indicating approach in the study of Donbass geosystems is traditionally functional, informative and relevant due to the demand for diagnostic measures in the region. Based on the working classification of M. L. Reva, proposed in 1975, many ecological studies of the territory of the modern central Donbass are being carried out. An empirically formed classification of technogenic ecotopes by M. L. Reva is a scientific and methodological basis for planning and implementing programs of bioecological monitoring and expertise in the anthropogenically transformed environment in the Northern Sea of Azov.

Key words: technogenic landscapes of Donbass, phytoindication, anthropogenic ecotopes, M. L. Reva.