

УДК 330.111.4: 502.35+631.6:55656

**ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-  
ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ  
АГРОТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ БОЛЬШИХ  
ТЕРРИТОРИЙ**

Доктор техн. наук

М.Ж. Бурлибаев

Доктор геогр. наук

А.А. Волчек

Канд. техн. наук

П.В. Шведовский

Канд. техн. наук

Д.Ш. Нурмаганбетов

*Рассматриваются особенности прогнозирования интенсификации влияния антропогенных факторов и процессов на ландшафтное и ценоотическое фитоценообразии природных и сельскохозяйственных территорий.*

*Приводятся прогнозные карты основных показателей возможных эколого-фитоценоотических изменений, в зависимости от направленности и интенсивности агроландшафтных преобразований.*

*Полученные результаты показывают, что в Республике Беларусь имеются все потенциальные возможности сохранения ландшафтного и фитоценоотического разнообразия. Основой этого является поэтапное формирование экологического каркаса, обеспечивающего как оптимальное соотношение агрохозяйственных и природоохранных функций, так и оптимальный эволюционный процесс системы «растение – окружающая среда».*

Сегодня для всей территории Беларуси характерна оптимально высокая степень антропогенной трансформации, а для Белорусского Полесья не менее высокая степень и агротрансформации ландшафтов.

Сложившаяся экологическая ситуация, формируемые рыночные отношения и новая аграрная политика в области перестройки агропромышленного комплекса обуславливают значимое возрастание антропогенных нагрузок, что настоятельно требует отыскания механизма, позволяющего оптимально регулировать экологический баланс между техногенно преобразованной и естественной средой, т. е. между гео-, экосистемами и техно-, агросистемами.

А так как в любом балансе определяющую роль играет достоверность составляющих, то очевидно первично и в этой проблеме – понима-

ние взаимосвязи и взаимозависимости эволюции, трансформации и антропогенизации геосистем и их компонент.

Любая эволюция геосистем (от природных до антропогенизированных), в соответствии с генетической структурой [2], включает в себя четыре элемента иерархического уровня – ключевые «ядра» (полюс концентрации экотехсистем, агроэкосистем и антропогенных нагрузок и полюс концентрации геосистем и экосистем), транспортные коридоры (антропогенная сеть – сельскохозяйственное производство, природопользование, население и промышленное производство), буферные зоны (компенсационно–ресурсная сеть) и территории экологической адаптации (экологическая сеть – климат, флора, фауна и ландшафт) – которые, в основном, и формируют экологический каркас (рис. 1).



*Рис. 1. Элементарная генетическая структура общих глобальных закономерностей эволюции природных, антропогенизированных и антропогенных систем.*

Исходя из законов композиции общей теории геосистем, эволюционно-экологической необходимости, принципов неполноты информации о внутренней природе составляющих компонентов и механизмах устойчивости, с учетом логических правил соразмерности, истинности и обратного соотно-

шения объемов и содержания, любую систему необходимо рассматривать как целостную социоэкологическую систему, состоящую из неорганической, биологической, технологической и социально-экологической подсистем, обеспечивающих ее стабильное развитие и длительный жизненный цикл [6, 7, 9].

Отсюда на регионально-локальных уровнях антропоэкологические каркасы не могут быть поляризованы, так как сложность и многогранность их взаимодействий может обуславливать и временное и динамическое равновесие, что и определяет необходимость формирования жесткого каркаса с оптимизацией экологического баланса при взаимодействии экологического и антропогенного (социально-экономического) каркасов.

Вместе с тем проблемы трансформации и антропогенизации ландшафтов являются составной частью проблемы управления эволюционирующими геосистемами.

Анализ накопленного к настоящему времени опыта организации и управления оптимально функционирующих региональных систем [1, 3, 9] обуславливает значимость принципов уникальности, максимального биоразнообразия, репрезентативности, взаимодополняемости, адекватности, каркасного равновесия и социально-экономической выгоды, для обеспечения сохранности продуктивности геосистем, регенерирующей способности, биоразнообразия и потенциала для выполнения в настоящем и будущем экологических, экономических и социальных функций на локальном (местном), региональном (национальном) и глобальном (мировом) уровнях. И сегодня, когда объем исследований в этой области резко уменьшился и наряду с проблемой агротрансформации ландшафтов становится более чем актуальной проблема интенсивной натурализации деградировавших ландшафтных и агромилиоративных комплексов, то исследуемая проблема приобретает важнейший научно-практический аспект.

Следует отметить, что большинство имеющихся исследований в этой области [1, 5, 8, 10] посвящено частным экологическим вопросам (динамике луго-болотной флоры и растительности осушенных болот и прилегающих к ним территорий, охране отдельных видов растений и растительных сообществ), т. е. изучению антропогенеза флоры, формирования и состояния критических ареалов, а не их прогнозам.

Так как прогнозирование эколого-фитоценологических изменений необходимо базировать на принципах теории хаоса с использованием «дерева последствий», то нами были сконструированы би- и тринomialные «дерева последствий» различных иерархических порядков.

На рис. 2 представлено триномиальное «дерево последствий» высшего (первого) порядка для растительного покрова. Как видно из рисунка, оно учитывает эволюционно-космогонический, территориально-морфологический, временной и этапный принципы. Биномиальные «деревя последствия» низших (второго, третьего и т. д.) порядков базируются на ступенях развития определенного типа растительного покрова при преобладании определенного (одного или группы) антропогенного каркаса (нагрузки). Следует отметить, что в природе, фактически, не наблюдается четкого разделения смен, явлений и процессов в динамике эколого-фитоценологических изменений, так как они тесно переплетены друг с другом. Отсюда для локального (ареального) прогнозирования эколого-фитоценологических изменений необходима классификационная система антропогенных нагрузок и геоэкологических последствий, базируемая на общих принципах функционирования геосистем и «дереве последствий». В качестве классификационных признаков могут быть использованы: направленность, механизм и геометрия места воздействия; геосистемная приуроченность, география места и масштаб воздействия; длительность, прямые первичные, косвенные и вторичные последствия воздействий и т. д. Тогда агротрансформацию ландшафтов будет определять следующий шифр антропогенной нагрузки и геоэкологических последствий: целенаправленное, с площадным воздействием, пойменной геосистемной приуроченностью, надземным и почвенным воздействием, локальное, временное периодическое с изменением синатропности, осушенности флоры, и индекса экологического разнообразия, и сложности ландшафтных структур. Бесспорно, что и рекультивация и биовосстановление техносистем и все другие виды хозяйственной деятельности имеют свой шифр антропогенной нагрузки и геоэкологических последствий. Принятая нами классификационная система антропогенных нагрузок и экологических последствий позволила разработать систему основных критериев эколого-фитоценологических изменений ландшафтных комплексов при любых видах антропогенных воздействий и самой разнообразной динамикой их проявлений (рис. 3).

Как видим для агротрансформации и биовосстановления ландшафтов основой является группа критериев связанная с гомогенизацией гидроэкологической структуры (разнообразии экотипов) и потенциалом природных ресурсов.

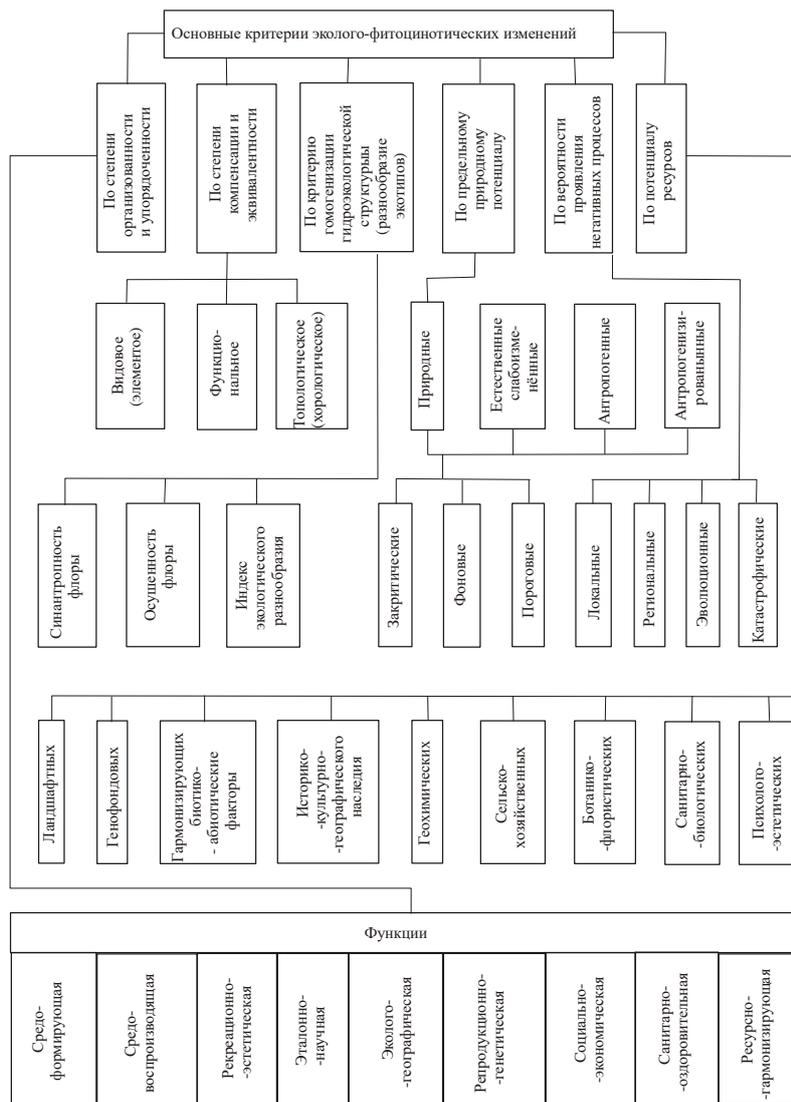


Рис. 2. «Дерево последствий» высшего (первого порядка) для растительного покрова.

Используя многочисленные опубликованные картографические и эколого-фитоценологические данные за период 1965...2005 гг., нами составлены типовые эколого-фитоценологические профили для южной (Полесской), центральной и северной частей территории республики (рис. 4).

На профилях для двух расчетных периодов (до и после активных преобразований), в зависимости от почвенно-климатических условий, приведена динамика надземной фитомассы в воздушно-сухом состоянии ( $P$ , г/м<sup>2</sup>) и гидроэкологическая структура видовой состава фитоценоза ( $H$ , %).

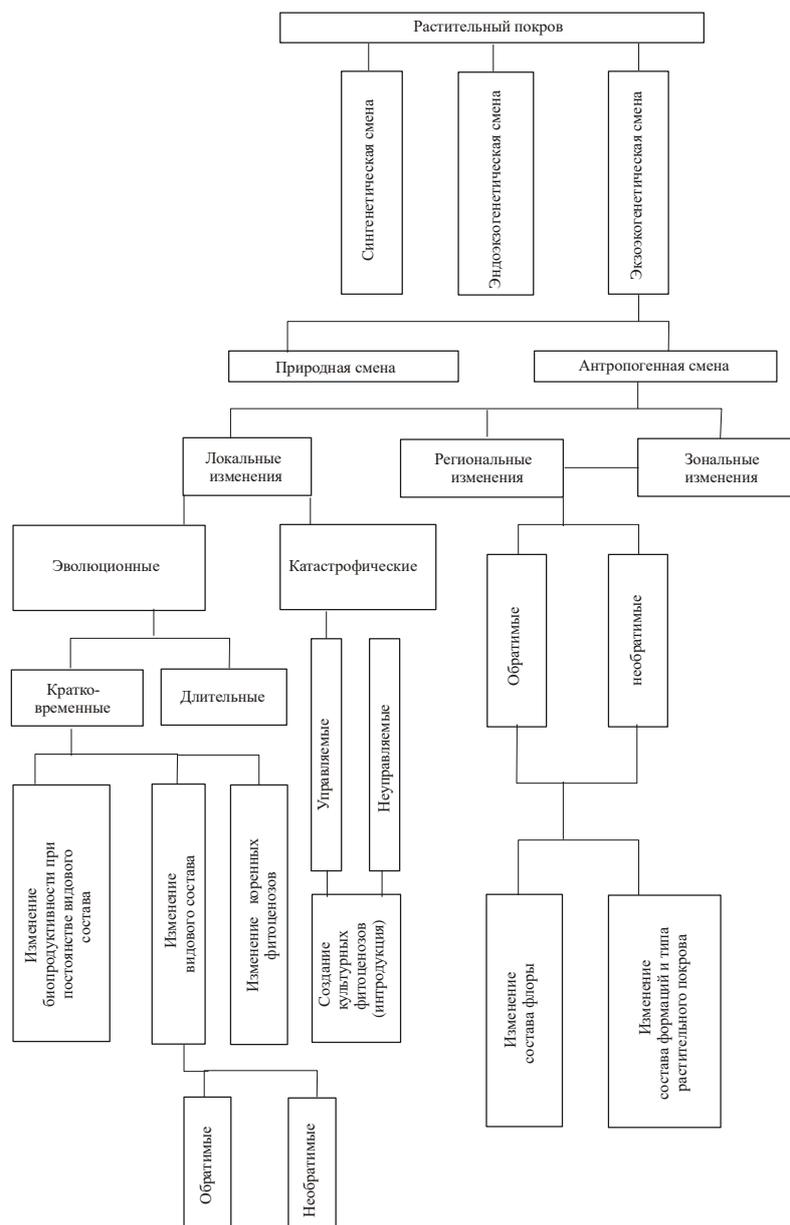


Рис. 3. Основные критерии эколого-фитоценологических изменений ландшафтных карт.

Анализ гидроэкологической структуры видового состава фитоценозов ( $H$ , %) позволяет отметить, что даже по относительно условным профилям за последние 15...20 лет, для всех регионов республики, характерны значительные антропогенные изменения растительного покрова. При этом характерно полное исчезновение 1...2 % видов растительности [6].

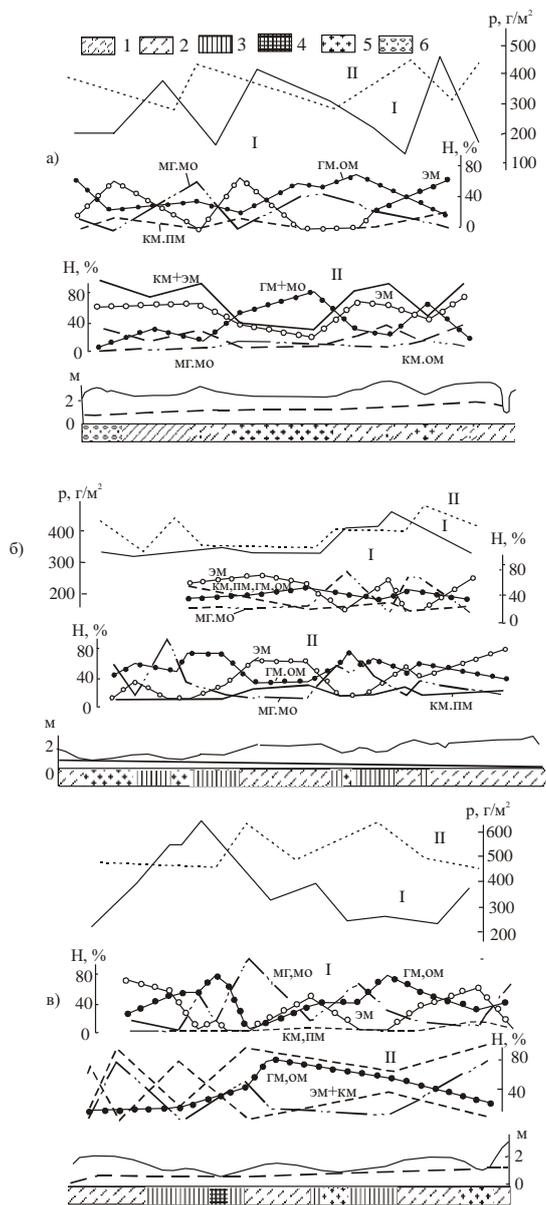


Рис. 4. Эколого-фитоценотические профили: а – для южной (полесской), б – для центральной, в – для северной части республики: I – для периода до активных преобразований территорий; II – то же, но после; H – гидроэкологическая структура видового состава фитоценоза, %; P – надземная фитомасса в воздушно-сухом состоянии, г/м<sup>2</sup>; KM, PM – психро- и ксеромезофиты; GM, OM – гидро- и ксеромезофиты; MG, MO – мезогидрофиты, мезокселофиты; ЭМ – эумезофиты; механический состав органогенного горизонта почвы: 1 – супесь, 2 – легкий суглинок, 3 – средний суглинок, 4 – тяжелый суглинок, 5 – торф; 6 – песок.

В качестве расчетных критериев гидроэкологической структуры для прогноза возможных ее изменений нами использована синантропность ( $S_0$ ) и ксерофитизация (осушенность) ( $D$ ) флоры и индекс экологического разнообразия ( $\Delta I$ ) [9].

Синантропность (чуждость естественному) флоры определяется по зависимости:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i \cdot w_i \cdot j_i)}{N}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество синантропных видов растений;  $N$  – общее количество видов высших растений;  $k$  – поправочный коэффициент на происхождение синантропного вида ( $k = 0,3 \dots 0,8$ );  $w$  – проективное покрытие синантропного вида, в баллах ( $1 \dots 6$ );  $j$  – жизненность синантропного вида, в баллах ( $10 \dots 30$ ).

Ксерофитизация (осушенность) флоры определяется зависимостью:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}, \quad (2)$$

где  $H$  – встречаемость вида на преобразованной и естественно природной территориях, в баллах ( $1 \dots 5$ ).

Индекс экологического разнообразия определяется зависимостью:

$$\Delta I = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\Delta S_a - \Delta S_e}, \quad (3)$$

где  $\Delta l_i$  – длина  $i$ -го экотопа, м;  $\Delta S_a$  – площадь влияния  $i$ -го экотопа, га;  $\Delta S_e$  – площадь компенсационно-ресурсного пространства, га.

Исходя из существующих классификационных схем географо-экологического, ландшафтного, мелиоративного, геолого-гидрогеологического и ботанико-флористического районирования [6], основу которых составляют типовые таксономические единицы – зона (климат, гидрографическая сеть, заболоченность и дренированность), подзона (геолого-гидрологические особенности), область (литология) и район (почвенные особенности) в качестве факторных признаков эколого-фитоценологических изменений были приняты следующие: коэффициенты увлажнения и тепло обеспеченности, годовые атмосферные осадки, испаряемость и среднее суммарное испарение с почвы, модули подземного и поверхностного стока, мощность зоны аэрации, степени заболоченности,

озёрности, залесенности, мелиоративного и сельскохозяйственного освоения, параметр экологической устойчивости, показатели почвенного плодородия, биосферной продуктивности и эколого-социальных последствий.

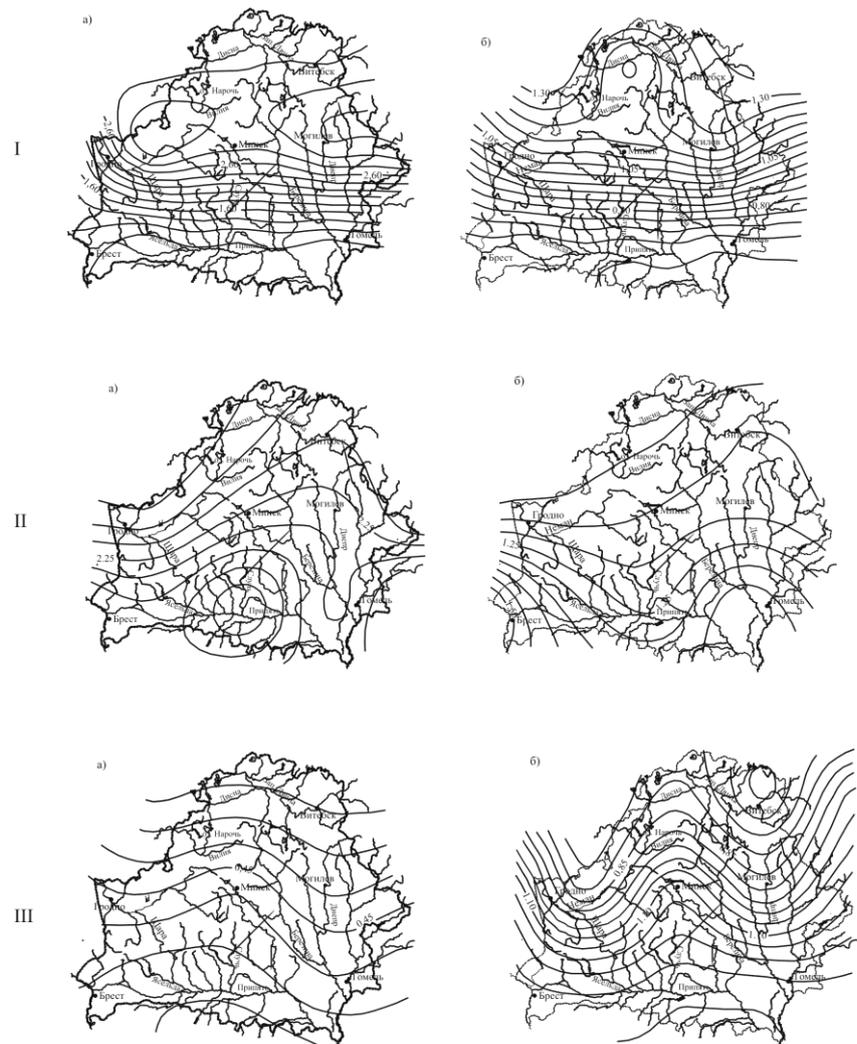
Согласно принятой элементной генетической структуры общей закономерности эволюции природных, антропогенезированных и антропогенных геосистем была составлена экспертная матрица, позволившая определить коэффициенты согласованности для факторных признаков. Используя их, были построены прогнозные карты критериев гомогенизации гидроэкологической структуры (рис. 5).

Прогноз проводился на два уровня воздействия, характеризующиеся степенью антропогенности нагрузок и экологического упрощения ландшафтных комплексов ( $k_c$ ): первый уровень –  $k_c = 0,1$ , а второй –  $k_c = 0,75$ . Первый уровень воздействия характерен для технически совершенных (6...7 класс) и адаптивных агросистем и экотехносистем, базирующихся на дифференциальном использовании природно-ландшафтных ресурсов, а второй – для систем 2...3 класса, не обеспечивающих экологическую оптимизацию, но которые сегодня наиболее распространены. Класс систем принят согласно классификации И.В. Минаева [4].

В качестве эталонных значений этих критериев приняты  $S = 0...0,1$ ;  $D = 1,8...2,6$ ;  $\Delta I = 2,4...2,7$ .

Анализ полученных прогнозных карт позволяет отметить следующее:

- осушенность флоры при уровне воздействия  $k_c = 0,10$  резко усиливается и если в центрально-восточной части она колеблется в пределах 1,1...1,3, то для Полесья ее значение уже достигает 0,75..0,90. При уровне воздействия  $k_c = 0,75$  осушенность флоры незначительно повышается для Полесской зоны, а на всей остальной территории практически не изменяется;
- изменение индекса экологического разнообразия относительно постоянное по всей территории республики и соответственно при  $k_c = 0,1$  он снижается до 1,2...1,5, а при  $k_c = 0,75$  всего лишь до 2,2...2,4;
- синантропность флоры является очень динамичным показателем и соответственно при  $k_c = 0,1$  она увеличивается до 0,6...1,1, а при  $k_c = 0,75$  ее увеличение не превышает 0,2...0,45;
- не все критерии гомогенизации гидроэкологической структуры имеют четкую зонально-региональную и структурно-функциональную ориентацию.



*Рис. 5. Прогнозные карты изменений: I – ксерофитизация (осушенности) флоры, II – индекса экологического разнообразия и III – синантропности флоры при  $k_c = 0,1$  (а) и  $k_c = 0,75$  (б)*

Все это требует как детализации прогнозной геоэкологической концепции глобальных изменений на локальном уровне и локальных изменений в системе экологического и геосистемного мониторинга глобальных изменений, так и решения следующих теоретических вопросов:

- выявление зональных и региональных особенностей структурно-функциональной организации геоэкосистем и механизма перехода их в критическое состояние;

- установление значения меры фитобиоты локальных геосистем в поддержании устойчивости, свойственных району, горизонтальных и вертикальных ландшафтных связей;
- выявление механизма геосистемы в области трансформации глобально–региональных реакций в локальные и способностей к созданию многообразия местных реакций фитоценотического «ядра» для определенных экосистем.

С практической точки зрения первоочередными вопросами, требующими своего решения в ближайшее время, являются:

- определение природоохранного, рекреационного и правового режима территорий с интенсивно возрастающими антропогенными нагрузками;
- разработка мониторинговых оценок состояния ландшафтных и эколандшафтных комплексов по степени организованности и упорядоченности, компенсации и эквивалентности;
- разработка методики геэкологического обоснования территориально–планировочной структуры объектов (систем) и регионов;
- изменение приоритета в использовании природных и, особенно, земельных ресурсов с точки зрения интересов охраны и гармонизации окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения, охрана растительности болот и прилегающих территорий / Мат. 6 Всесоюзного совещания Мн.: Наука и техника, 1981. – 216 с.
2. Бурлибаев М. Ж., Шведовский П. В., Волчек А. А. Концептуальные основы оптимизации решений экологических проблем / Матер. межд. конфер. «Проблемы гидрометеорологии и экологии» КазНИИМОСК, Алматы, 2001. – С. 353 – 357.
3. Елиашевич Н. В. Мелиорация и продуктивность пойменных лугов. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 213 с.
4. Минаев И. В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. – Мн.: Ураджай, 1986. – 150 с.
5. Парфенов В. Н., Ким Т. А. Динамика лугово–болотной флоры и растительности Полесья под влиянием осушения. – Мн.: Наука и техника, 1976. – 191 с.

6. Шведовский П. В., Валуев В. Е., Волчек А.А. и др. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управления режимами гидромелиораций. – Мн.: Ураджай, 1998. – 363 с.
7. Шведовский П. В., Волчек А. А. Прогноз влияния степени антропогенизации на устойчивость эко-, и агроэкосистем / Матер. межд. конф. «Природнае асяродзе Палесся: сучасны стан і яго змены. Люблин–Шацк–Брест, 2002, С. 158 – 163.
8. Эколого-биологические исследования растительных сообществ // Под ред. Акад. АН БССР И. Д. Юркевича. – Мн.: Наука и техника, 1975. – 224 с.
9. Яцухно В. М., Мандер Ю. А. Формирование агроландшафтов и охрана природной среды. – Мн.: институт геологических наук НАН Беларуси, 1995. – 122 с.
10. Яцухно В. М., Романова Т. А., Давидик Е.Е. Состояние и проблемы сохранения ландшафтного разнообразия Белорусского Полесья // Природные ресурсы. – 1998. – №2. – С. 136 – 140.

ДГП «Инфракос-Экос» Национального Космического Агентства РК;  
 Полесский аграрно-экологический институт НАН РБ;  
 Брестский государственный технический университет.  
 Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

#### **ҮЛКЕН АУМАҚТАҒЫ ЛАНДШАФТТАРДЫҢ АГРОТРАНСФОРМАЦИЯСЫ КЕЗІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ – ФИТОЦЕНОТИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БОЛЖАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлибаев
Геогр. ғылымд. докторы	А.А. Волчек
Техн. ғылымд. канд.	П.В. Шведовский
Техн. ғылымд. канд.	Д.Ш. Нурмаганбетов

*Табиғи және ауылшаруашылық аумақтарының ландшафтты және ценодикалық фитотүрлілігіне антропогендік факторлар мен үрдістердің әсерінің жиілеуін болжау ерекшеліктері қарастырылады.*

*Агроландшафттық түрлену жиілігі мен бағытына қарай, мүмкін болатын экологиялық фитоценодикалық өзгерістердің негізгі көрсеткіштерінің болжамдық картасы келтірілген.*

*Алынған нәтижелер Беларусь Республикасында ландшафттық және фитоценодикалық әртүрлілікті сақтаудың барлық мүмкіндіктері бар екендігін көрсетеді. Бұлардың негізі болып агрошаруашылық және табиғат қорғау қызметінің қалыпты қатынасын ғана емес, «өсімдік – қоршаған орта» қалыпты эволюциялық үрдіс жүйесін де қамтамасыз ететін экологиялық қарасты сатылы құру болып табылады.*