

Коэффициент множественной линейной корреляции равен 0,71, что является значимой величиной.

Аналогичным образом проведены исследования пространственной изменчивости коэффициентов вариации продуктивных влагозапасов вегетационного периода 100 см слоя минеральных почв Беларуси (рис. 2). Изменчивость влагозапасов максимальна в центральной части Белорусского Полесья на песчаных землях, и превышает 0,5. Затем закономерно убывает с продвижением на север, по причине смены механического состава почв на более тяжелый, уменьшения теплоресурсов и увеличения осадков, достигая 0,2 – 0,3.

Пространственное описание коэффициента вариации (C_v , %) для слоя 0-100 см имеет вид:

$$C_{v_{100}} = 55,74 - 0,032 \cdot \varphi - 0,016 \cdot \lambda - 0,106 \cdot H \quad (8)$$

В ходе исследования временных рядов продуктивных влагозапасов их эмпирическое распределение аппроксимировалось наиболее распространенными функциями трехпараметрическим гамма-распределением и распределением Пирсона III типа с помощью пакета прикладных задач "Гидролог" [Волчек, 1998]. Как показали результаты исследования, в большинстве случаев распределение Пирсона III типа лучше описывает эмпирические распределения временных рядов продуктивных влагозапасов. Тем не менее, оба рассматриваемых распределения пригодны для практических целей. Сравнительный анализ обеспеченных величин продуктивных влагозапасов для некоторых метеостанций Беларуси приведен в табл. 1.

Для выявления пространственной структуры продуктивных влагозапасов имеющиеся временные ряды наблюдений за влагозапасами 100 см слоя почвы разбиты на два периода: с начала наблюдений до 1980 г. и с 1981 г. до настоящего времени. При этом выбраковывались метеостанции с продолжительностью наблюдений менее 15 лет хотя бы за один из периодов. После выбраковки определены относительные изменения почвенных влагозапасов как $k_1 = (W_{cp2} - W_{cp1}) / W_{cp}$, где W_{cp1} и W_{cp2} – средние значения продуктивных влагозапасов; W_{cp} – среднее значение влагозапасов за период наблюдений.

УДК 330.111.4: 502.35+631.6:55656

Шведовский П.В., Волчек А.А., Бурлибаев М.Ж.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ АГРОТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

Сегодня для всей территории республики 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 преоб-

Статистически значимые различия в изменениях влажности почвы за вегетационный период до 1980 года и после 1981 года наблюдаются на следующих станциях: Барановичи, Бобруйск, Волковыск, Верхнедвинск, Лельчицы, Минск, Марына Горка, Полесская, Пружаны и Шарковщина, где относительные изменения в продуктивных влагозапасах составили более 15% (рис. 3). Анализ изменения продуктивных влагозапасов показывает, что основные изменения касаются Полесья, центральной ее части.

Анализ рисунка 4 показывает, что увеличение градиента влагозапасов вегетационного периода происходит в центральной части Беларуси. Незначительные изменения произошли на территории, где распространены почвы легкого механического состава: песчаные и супесчаные. Уменьшение градиента влагозапасов вегетационного периода прослеживается на тяжелых почвах Витебской области, а также на территории Новогрудской возвышенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси позволил получить модель их пространственного описания в виде полинома первой степени, а также модель описания коэффициента вариации для слоя почвы 0-100 см. Показана возможность аппроксимации временных рядов влагозапасов почв трехпараметрическим гамма-распределением и распределением Пирсона III типа. Выявлена тенденция к увеличению продуктивных влагозапасов вегетационного периода 0-100 см слоя почвы и зоны их проявления. Значительные изменения отмечаются в Полесье, в центральной ее части.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабкин В.И., Гусев О.А., Новикова В.П. Методика осреднения и интерполяции гидрометеорологических характеристик. – Труды ГГИ, 1974. – Вып.217. – с. 175 – 186.
2. Волчек А. А. Автоматизация гидрологических расчетов// Водохозяйственное строительство и охрана окружающей Среды: Труды международной научно-практической конференции. / Брест. политехн. институт.- Биберах - Брест - Ноттингем, 1998. – С.55 – 59.

разованной 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 – понимание взаимосвязи и взаимозависимости эволюции, трансформации и антропогенизации геосистем и их компонент.

Любая эволюция геосистем (от природных до антропогенизированных), в соответствии с генетической структурой [1], включает в себя четыре элемента иерархического уровня

Шведовский Петр Владимирович, профессор, к.т.н., профессор каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Бурлибаев Малик Жолдасович, к.г.н., доцент, директор Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата.

Казахстан, КазНИИМОСК, 480072, г. Алматы, пр. Сейфуллина, 597.

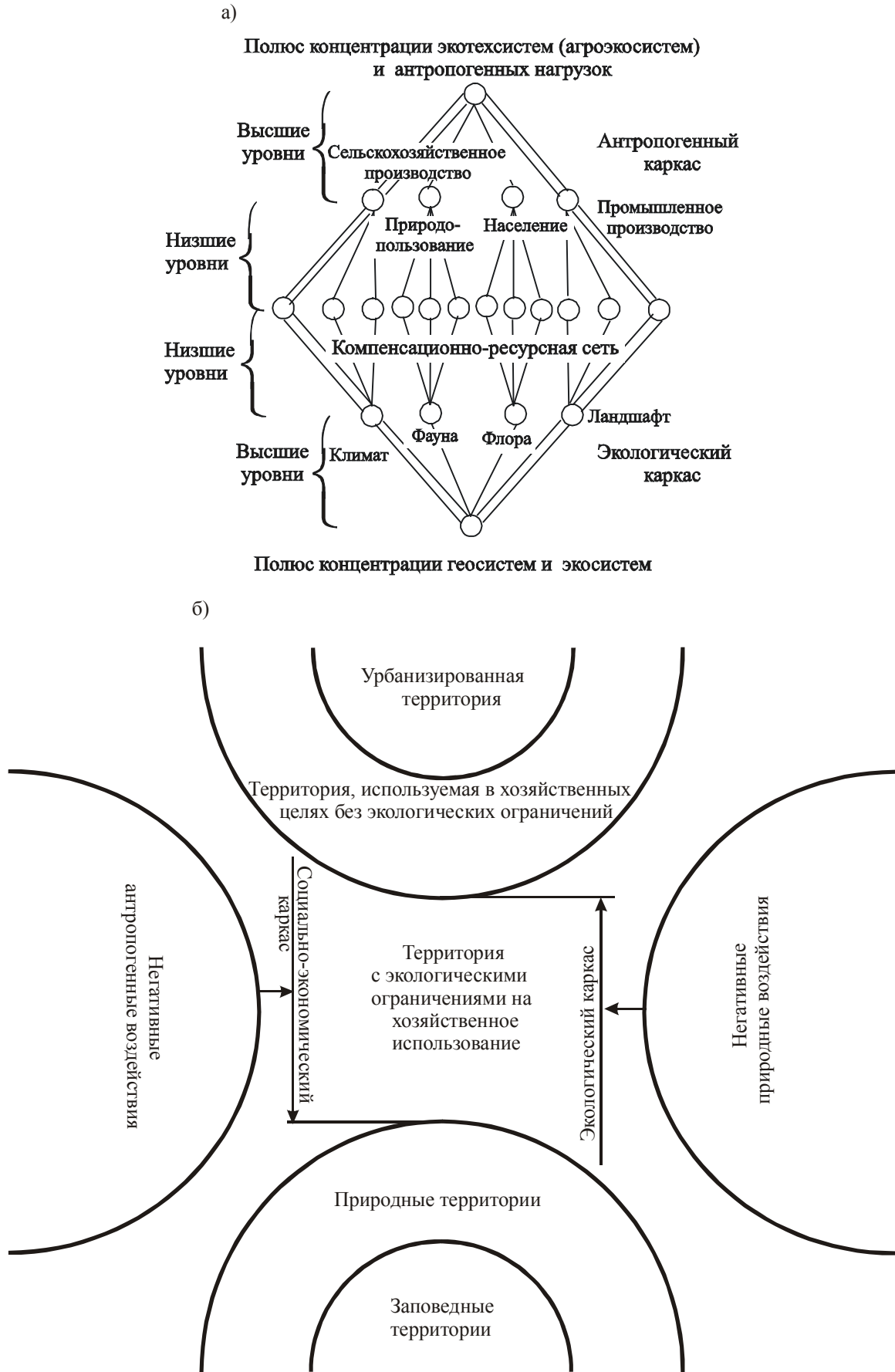


Рис. 1. Элементарная генетическая структура общих закономерностей эволюции природных, антропогенизированных и антропогенных систем: а – глобальная; б – регионально-локальная.

– ключевые «ядра» (полнос концентрации экотехсистем, агроэкоцистем и антропогенных нагрузок и полнос 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 а).

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 соотношения объемов и содержания, любую систему необходимо рассматривать как целостную социоэкологическую систему из неорганической, биологической, технологической и социально–экологической подсистем, обеспечивающих ее стабильное развитие и длительный жизненный цикл [2, 3, 4].

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 по следующей схеме взаимодействия экологического и антропогенного (социально–экономического) каркасов (рис. 1 б).

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 [4, 5, 6] 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 агромелиоративных комплексов, то исследуемая проблема приобретает важнейший научно–практический аспект.

Следует отметить, что большинство имеющихся исследований в этой области [6, 7, 8, 9] 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 триномиальные «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 «дерева последствий» 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 «дерева 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 синантропности, 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 (разнообразие экотипов) и потенциалом природных ресурсов.

Используя многочисленные опубликованные картографические и эколого–фитоценологические данные за период 1965–2002 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/м²) и гидроэкологическая структура видового состава фитоценоза (H , %).

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 [2].

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 (ΔI) [4].

Синантропность (чуждость естественному) флоры определяется по зависимости:

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

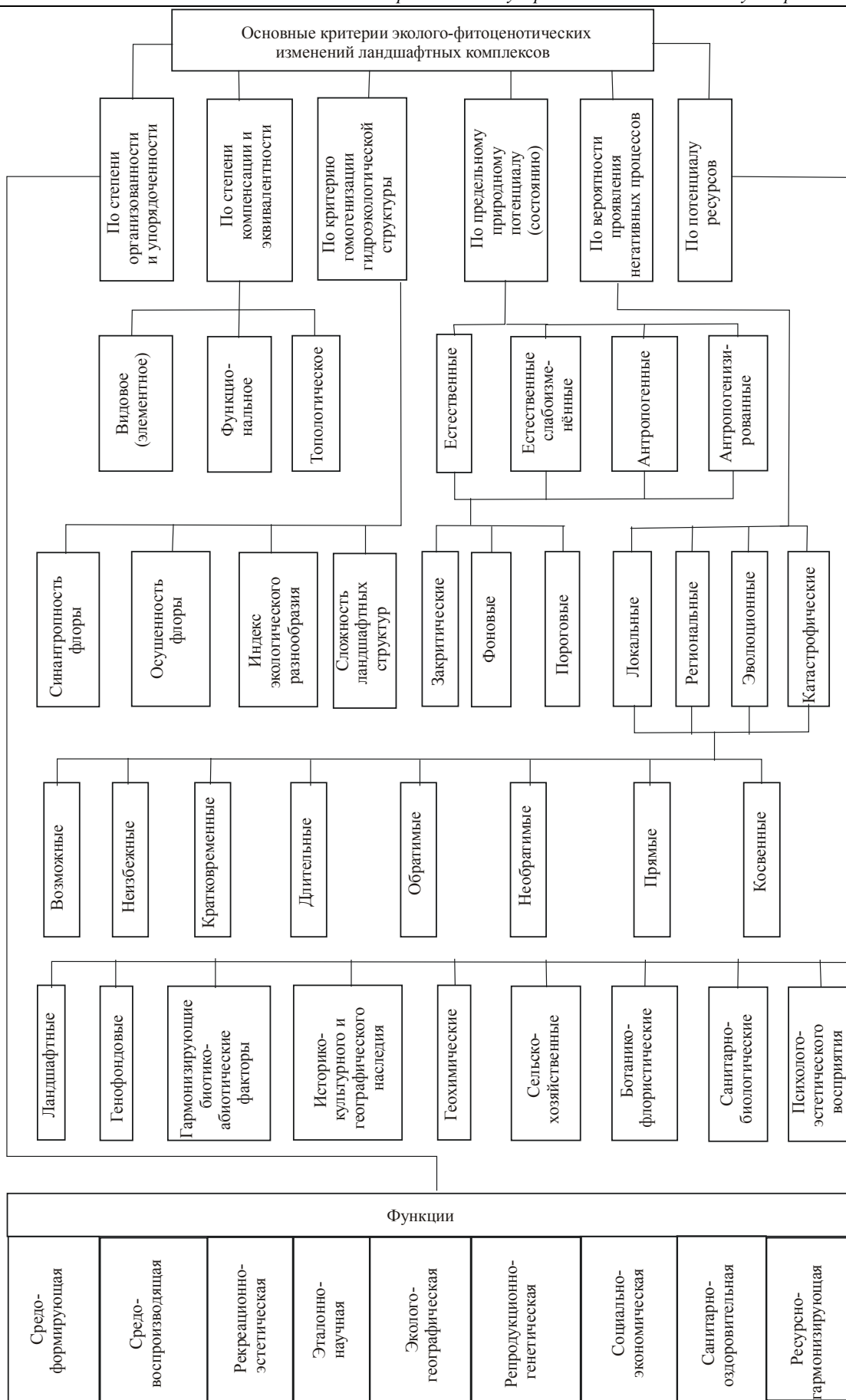


Рис. 2. «Дерево последствий» высшего (первого порядка) для растительного покрова.

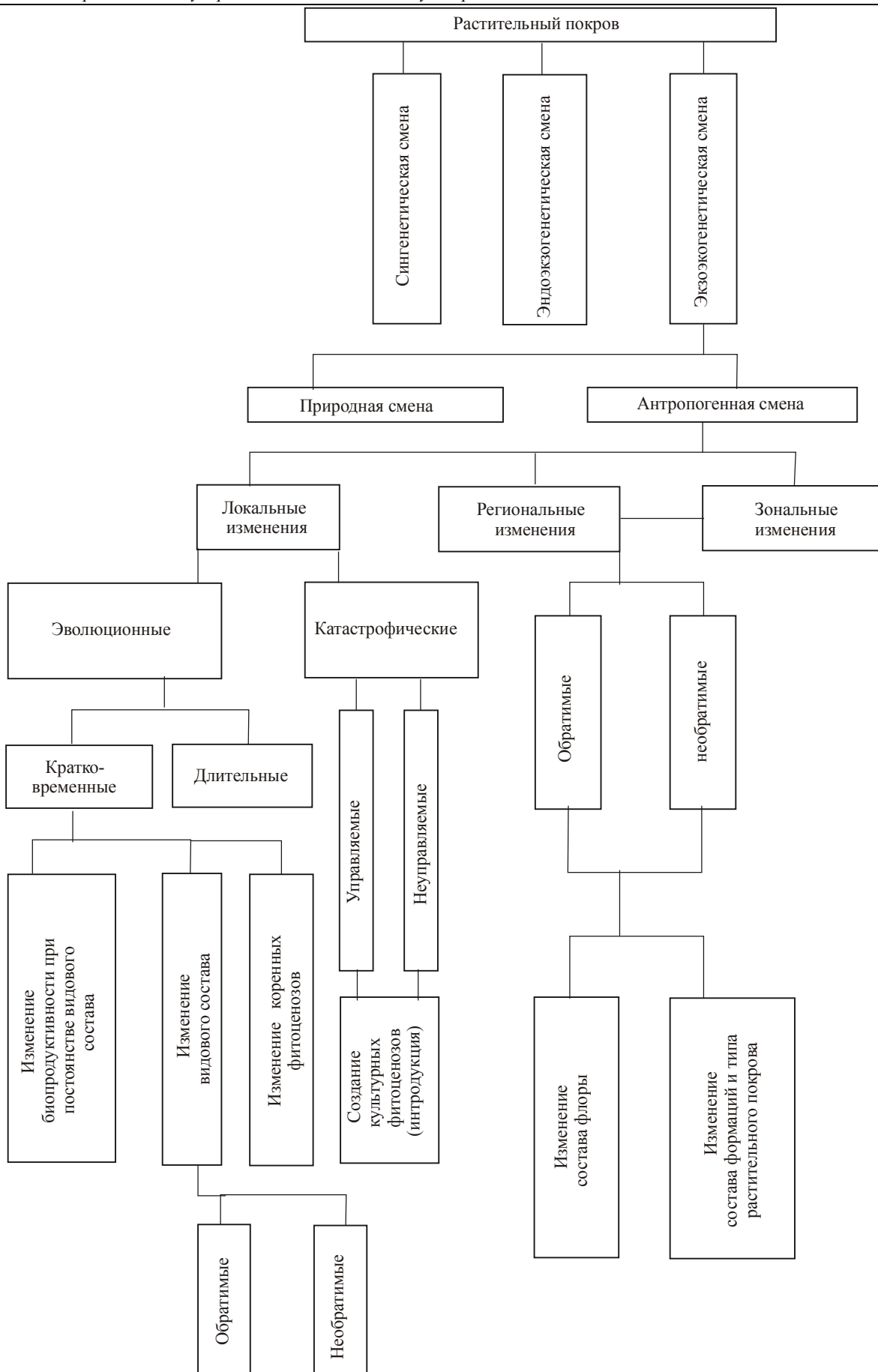


Рис. 3. Основные критерии эколого-фитоценотических изменений ландшафтных карт.

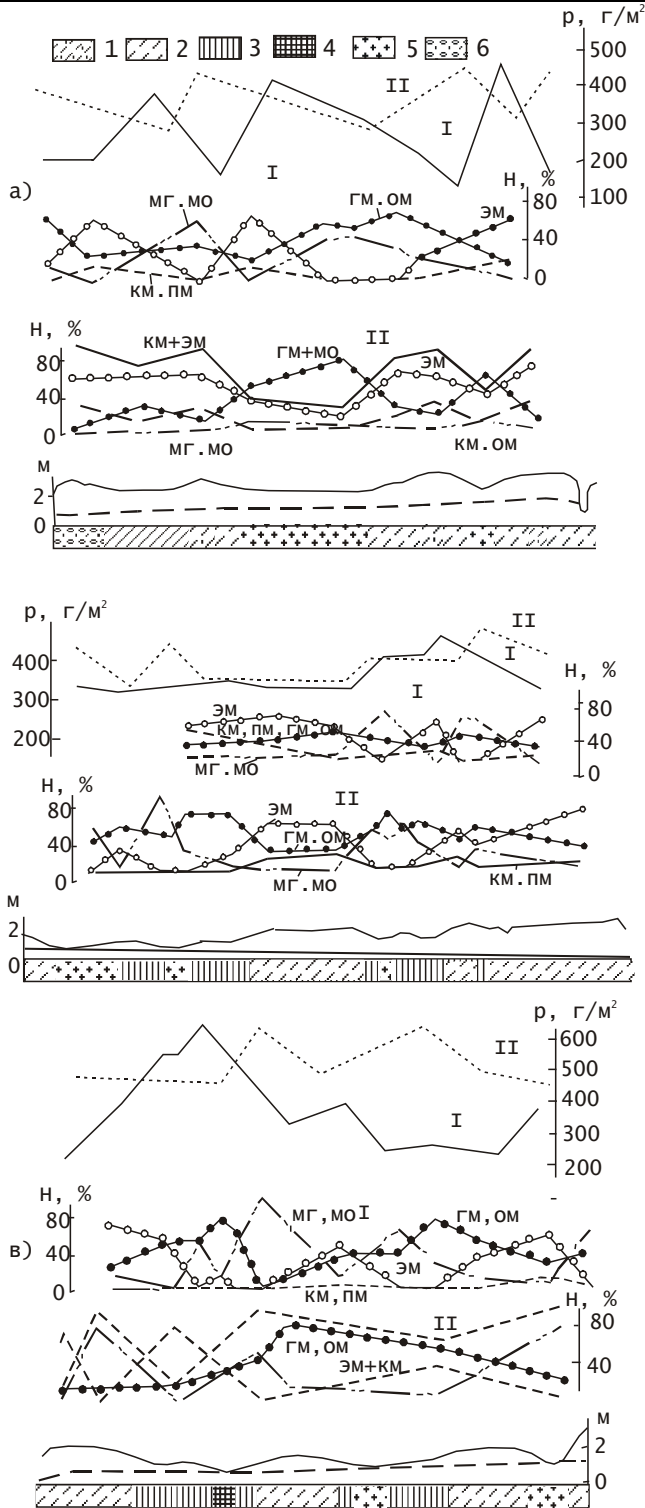


Рис. 4. Эколого-фитоценотические профили: а – для южной (полесской), б – для центральной, в – для северной части республики; I – для периода до активных преобразований территорий; II – то же, но после; **H** – гидроэкологическая структура видового состава фитоценоза, %; **P** – надземная фитомасса в воздушно-сухом состоянии, г/м²; **КМ, РМ** – психро- и ксеромезофиты; **ГМ, ОМ** – гидро- и ксеромезофиты; **МГ, МО** – мезогидрофиты, мезокселофиты; **ЭМ** – эумезофиты; механический состав органогенного горизонта почвы: 1 – супесь, 2 – легкий суглинок, 3 – средний суглинок, 4 – тяжелый суглинок, 5 – торф; 6 – песок.

где **n** – количество синантропных видов растений; **N** – общее количество видов высших растений; **k** – поправочный коэффициент на происхождение синантропного вида ($k=0,3\dots0,8$); **w** – проективное покрытие синантропного вида, в баллах (1–6); **j** – жизнённость синантропного вида, в баллах (10-30).

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 (1-5).

Индекс экологического разнообразия определяется зависимостью:

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

где ΔI_i – длина *i*-го экотопа, м; ΔS_a – площадь влияния *i*-го экотопа, га; ΔS_e – площадь компенсационно-ресурсного пространства, га.

Исходя из существующих классификационных схем географо-экологического, ландшафтного, мелиоративного, геолого-гидроэкологического и ботанико-флористического районирования [2], 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 теплообеспеченности, 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 структуре 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.

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 технической 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 [10].

В качестве эталонных значений этих критериев приняты $S=0\dots0,1$; $D=1,8\dots2,6$; $\Delta I=2,4\dots2,7$.

Анализ полученных прогнозных карт позволяет отметить следующее:

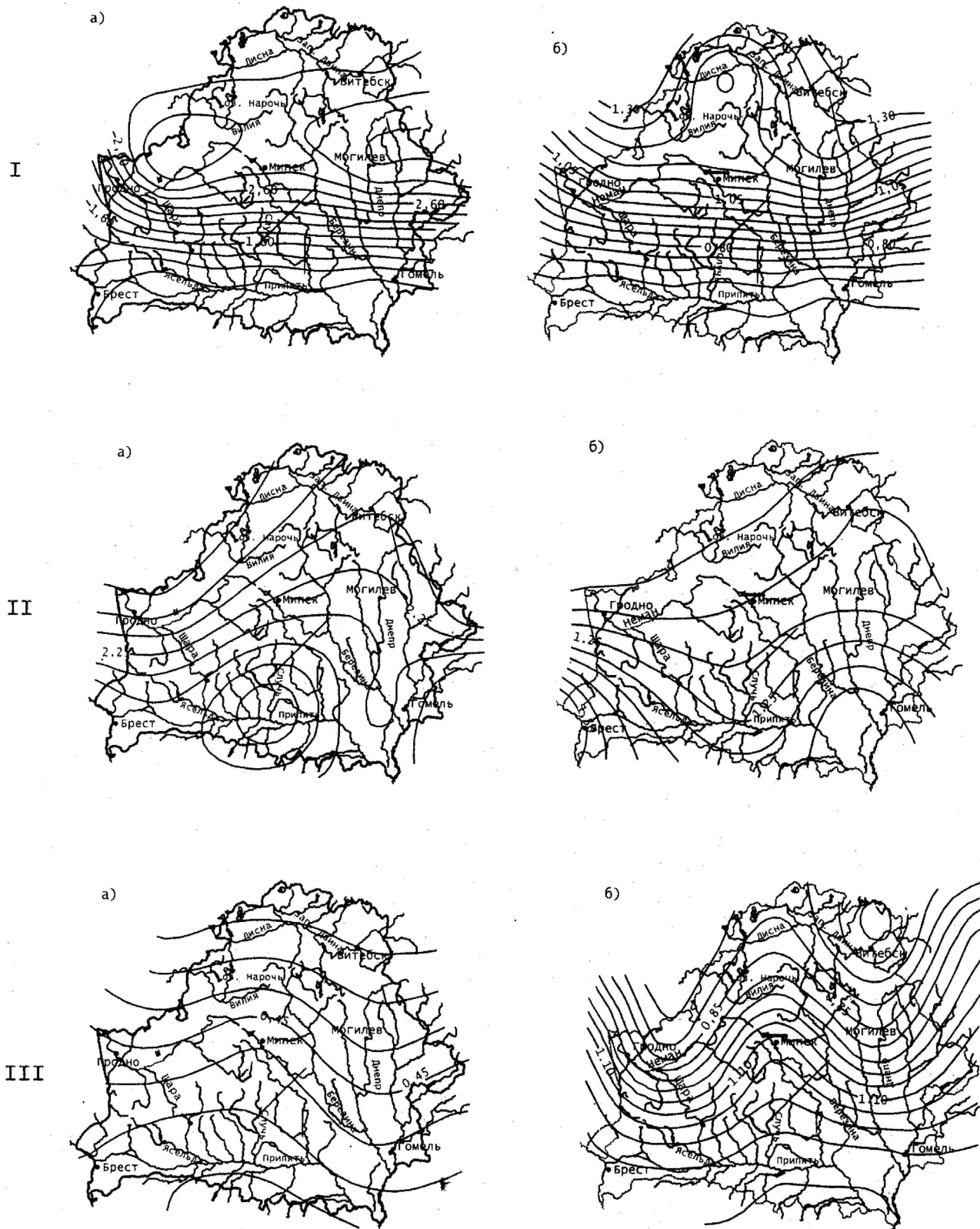


Рис. 5. Прогнозные карты изменений: I – ксерофитизация (осушенности) флоры, II – индекса экологического разнообразия, III – синантропности флоры при $k_c=0,1$ (а) и $k_c=0,75$ (б).

- 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 со-

- ответственно 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.

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 геоэкоосистем и механизма перехода их в критическое состояние;
- установление значения меры фитобийоты локальных геоэкоосистем 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 геоэкологического 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 ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бурлибаев М. Ж., Шведовский П. В., Волчек А. А. Концептуальные основы оптимизации решений экологических проблем / Матер. междунар. конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии» КазНИИМОСК – Алматы, 2001, с. 353 – 357.
2. 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.
3. Шведовский П. В., Волчек А. А. Прогноз влияния степени антропогенизации на устойчивость эко-, и агроэкоосистем / Матер. междунар. конф. «Природное асыродзе Полесья: современные стан і яго змены. Люблин–Шацк–Брест, 2002, с. 158 – 163.
4. Яцухно В. М., Мандер Ю. А. Формирование агроландшафтов и охрана природной среды. – Мн.: институт геоэкологических наук НАН Беларуси, 1995. – 122 с.
5. Елиашевич Н. В. Мелиорация и продуктивность пойменных лугов. – Мн.: Наука и техника, 1986. – 213 с.
6. Антропогенные изменения, охрана растительности болот и прилегающих территорий / Мат. 6 Всесоюзного совещания. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 216 с.
7. Парфенов В. Н., Ким Т. А. Динамика лугово-болотной флоры и растительности Полесья под влиянием осушения. – Мн.: Наука и техника, 1976. – 191 с.
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., Романова Т. А., Давидик Е.Е. Состояние и проблемы сохранения ландшафтного разнообразия Белорусского Полесья // Природные ресурсы. – 1998. – №2. – с. 136 – 140.
10. Минаев И. В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. – Мн.: Ураджай, 1986. – 150 с.

УДК 631.674.1

Глушко К.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФИЛЬТРАЦИИ ТАЛЫХ ВОД НА ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНИКАХ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Интенсивность инфильтрации талых вод на осушаемых землях зависит от многих факторов, в частности, влажности почвы, плотности почвы, глубины промерзания и запаса холода в почве, структуры почвы и др. Каждый из этих факторов по-своему влияет на интенсивность инфильтрации. Одни из этих факторов постоянны во времени и их влияние прогнозируемо, другие – переменные и результативность их неизвестна во времени. Например, влажность почвы может как увеличиться за зимний период, так и уменьшится. Исходя из этого определяется начальная величина интенсивности инфильтрации.

Продолжительность затопления сельскохозяйственных культур определяется нормами [1]. Превышение этих норм отрицательно сказывается на экономических показателях. Установлено, что в западинах глубиной более 10 см. урожай озимой пшеницы снижается на 10% , при 20-25 см.- на 55-65%. Недобор урожая в результате вымочек в средние по

влажности годы, составляет для яровых-зерновых 12-15%, озимых 15-19%, картофеля 20-22% [2].

Продолжительность затопления зависит от двух существенных факторов: площади затопления и интенсивности инфильтрации. Площадь затопления определяет толщину слоя воды микропонижения, а интенсивность инфильтрации – скорость ее просачивания.

И на первый и на второй фактор реально можно влиять в процессе хозяйственной деятельности. Площадь затопления можно регулировать планировкой поверхности, интенсивность инфильтрации - комплексом агротехнических или инженерных мероприятий.

Является важным установить степень влияния каждого из них на ход перевода талых вод в грунтовый сток.

Для оценки степени влияния каждого из факторов воспользуемся данными, полученными автором при проведении полевых исследований по инфильтрации талых вод на

Глушко Константин Александрович, доцент, к.т.н., доцент каф. экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика