

Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленкевич, С. Г. Русецкий

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: zm.hrurno@gmail.com*

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ БОЛОТ БЕЛАРУСИ И ПРОГНОЗ ИХ ДИНАМИКИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Аннотация. Приводятся результаты инвентаризации современного состояния экосистем болот Беларуси. Предложен подход к мониторингу на основе экологической оценки растительного покрова, данных дистанционного зондирования и геоинформатики. Установлено, что площади экосистем болот с естественной и слабонарушенной растительностью составляют 430 тыс. га (39,0 %). Площадь болот, где существует высокий потенциал возникновения пожаров при неблагоприятных погодно-климатических условиях, составляет 221,4 тыс. га. Разработан прогноз динамики растительного покрова болот Беларуси, связанный с изменением климата. Общая площадь болот, испытывающих воздействия от изменения климата, составляет 634,3 тыс. га или 57,5 % от общей площади.

Ключевые слова: естественное болото, нарушенное болото, биоразнообразие, климат, данные дистанционного зондирования, пожароопасность

D. G. Grummo, N. A. Zeliankevich, S. G. Rusetski

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: zm.hrurno@gmail.com*

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF PEATLAND ECOSYSTEMS IN BELARUS AND FORECAST OF THEIR DYNAMICS DUE TO CLIMATE CHANGE

Abstract. The results of the inventory of the current state of peatlands ecosystems in Belarus are presented. An approach to monitoring based on the ecological assessment of vegetation, remote sensing data and geoinformatics is proposed. It has been established that the area of peatlands ecosystems with natural and slightly disturbed vegetation is 430 thousand hectares (39.0 %). The area of peatlands with a high potential for fires under adverse weather and climatic conditions is 221.4 thousand hectares. A forecast of dynamics of the peatlands vegetation cover in Belarus in condition of climate change has been developed. The area of peatlands affected by climate change is 634.3 thousand hectares or 57.5 % of the total area.

Keywords: natural mire, degraded mire, biodiversity, climate, remote sensing data, fire hazard

Дз. Г. Грумо, Н. А. Зелянкевіч, С. Г. Русецкі

*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В.Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
Мінск, Беларусь, e-mail: zm.hrurno@gmail.com*

АЦЭНКА СУЧАСНАГА СТАНУ ЭКАСІСТЭМ БАЛОТ БЕЛАРУСІ І ПРАГНОЗ ІХ ДЫНАМІКІ Ў СВЯЗІ СА ЗМЯНЕННЕМ КЛІМАТУ

Анотацыя. Прыводзяцца вынікі інвентарызацыі сучаснага стану экасістэм балот Беларусі. Прапанаваны падыход да маніторынгу на аснове экалагічнай ацэнкі расліннага покрыва, дадзеных дыстанцыйнага зандзіравання і геаінфарматыкі. Устаноўлена, што плошча экасістэм балот з натуральнай і слабапарушанай расліннасцю складае 430 тыс. га (39,0 %). Плошча балот, дзе існуе высокі патэнцыял узнікнення пажараў пры неспрыяльных пагодна-кліматычных умовах, складае 221,4 тыс. га. Распрацаваны прагноз дынамікі расліннага покрыва балот Беларусі, звязаны са змяненнем клімату. Агульная плошча балот, якія адчуваюць уздзеянні ад змянення клімату, складае 634,3 тыс. га або 57,5 % ад агульнай плошчы.

Ключавыя словы: натуральнае балота, парушанае балота, біяразнастайнасць, клімат, дадзеныя дыстанцыйнага зандзіравання, пажаранебяспека

Введение. По официальным данным к настоящему времени в Беларуси в естественном или слабонарушенном состоянии сохранилось 863 тыс. га болот (29,3 % от первоначальной площади) [1]. Действующее национальное законодательство определяет болота «как природный комплекс, характеризующийся постоянным переувлажнением земель и произрастающей болотной растительностью, при отмирании которой происходят процессы торфообразования и торфонакопления» [2]. Однако на практике они продолжают относиться к разным категориям земель [3, 4]. Большая часть болот относится к государственному лесному фонду. Часть болот расположена на землях сельскохозяйственного использования, запаса и других категорий [3]. Исходя из этого различаются и принципы их учета. При этом для лесного и сельского хозяйства болота и заболоченные местообитания – наименее ценные земли, что, естественно, отражается на качестве и детальности их учета [4]. Сложность инвентаризации болот – одна из основных проблем организации их рационального использования

и охраны не только в нашей стране, но и за рубежом [4–8]. В связи с этим нами была предпринята попытка, направленная на интеграцию существующих данных, развитие информационной базы для получения ряда характеристик состояния и динамики болот, в том числе с привлечением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Цель работы – оценка состояния экосистем болот Беларуси. В качестве индикатора использованы данные по экологическому состоянию растительного покрова. Оценка состояния растительного покрова устанавливается по степени ее нарушенности (сохранности). При этом принимаются во внимание проявления разнообразных изменений в видовом и ценотическом составе и структуре фитоценозов. Стадия нарушенности определяется по критериям отклонения состава и структуры растительных сообществ от естественного или от выбранного их состояния на определенный момент [9].

Концепция, методы и объекты исследований. Для мониторинга болот используется картографический метод, дающий пространственное представление о степени и масштабах деградации растительности и экосистем в результате воздействия различных факторов [9]. В концепции наших исследований базовой основой для анализа и прогноза является актуальная геоботаническая карта. На основе карты растительности и сопряженных с нею баз данных с использованием возможностей геоинформационной системы (ГИС) созданы производные тематические картографические продукты, отражающие современное состояние и прогноз динамики биоразнообразия растительного покрова болотных экосистем (рис. 1).

Границы объектов исследования определяли на основе данных онлайн ресурса «База данных торфяники Беларуси» [10]. Исследовали болота, где сохранилась естественная и (или) антропогенно-нарушенная природная растительность. Дополнительной информацией об объектах исследования являлись актуальные лесо- и землеустроительные данные, на основе которых корректировались границы существующих объектов исследований, выделялись новые. Минимальная площадь объекта исследования составляла 50 га [11]. В результате исследований проведена инвентаризация и дана оценка состояния фитоценотического разнообразия 3521 болот общей площадью 1103,2 тыс. га.



Рис. 1. Алгоритм изучения состояния и динамики экосистем болот Беларуси

Более детально методические аспекты исследований рассмотрены по основным блокам мониторинга и анализа.

Современная структура растительного покрова болот Беларуси. Исходные данные, методика исследований. Для классификации использовали алгоритм создания геоботанической карты болот Беларуси с предварительной сегментацией (рис. 2). При построении синтаксономической системы за основу взяты несколько работ по классификации растительности болот доминантным методом для относительно крупных территорий, хорошо известных в болотоведении [12–19].

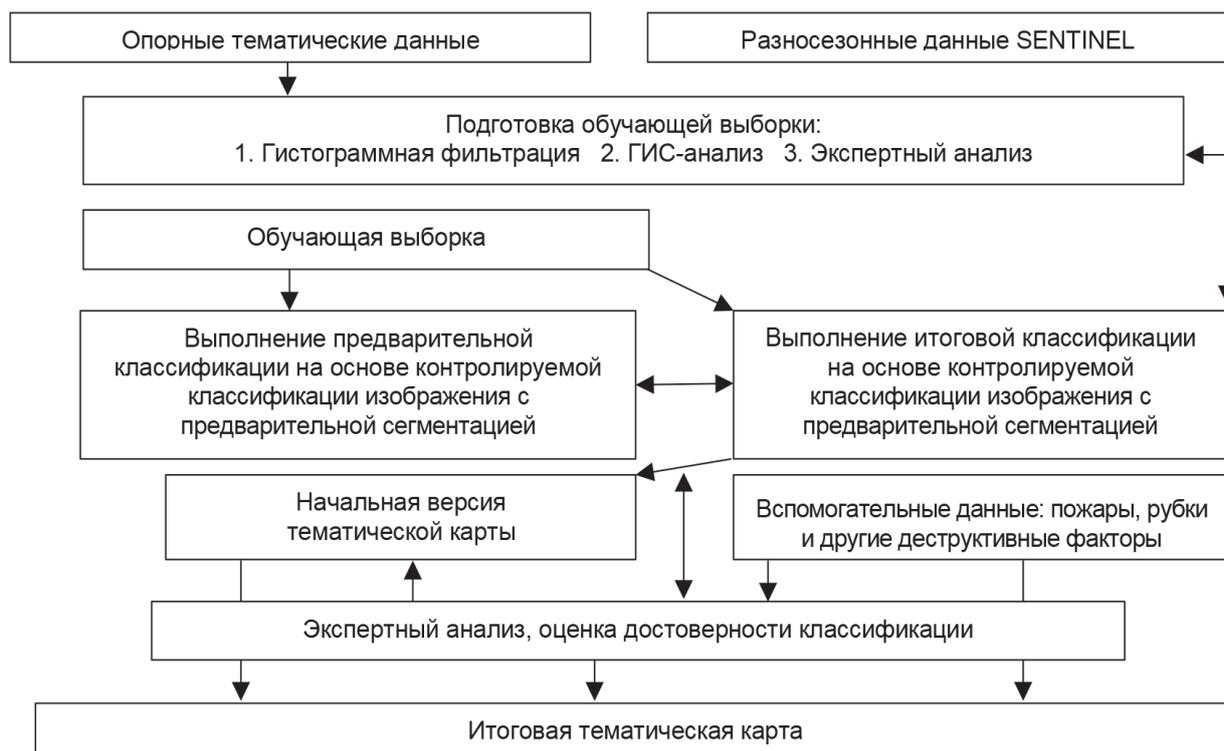


Рис. 2. Алгоритм создания геоботанической карты болот Беларуси

В легенде геоботанической карты выделено 2 блока: 1) растительность болот; 2) антропогенно-производная растительности нарушенных болот. В первом блоке высшие подразделения легенды соответствуют типам растительности. Лесной тип растительности подразделяется на два таксона высшего порядка: хвойные и лиственные коренные леса на болотах. Подзаголовками следующего ранга для лесной растительности являются формации, выделенные по преобладанию древесных пород (сосновые, пушистоберезовые, черноольховые и т.д.). Оценивая ценозитическое разнообразие лесов, можно отметить, что на тематической карте нашло отражение распространение 12 типов лесных растительных сообществ (с учетом зональных вариантов).

Фитоценозитическое разнообразие болотной растительности отображено в легенде геоботанической карты 14 единицами (табл. 1). Болотная растительность разделена по типу питания на эвтрофную (низинную), мезотрофную (переходную) и олиготрофную (верховую). Основными картируемыми единицами являются группы ассоциаций (кустарничково-сфагновые, осоково-сфагновые, злаково-осоковые, травяно-осоково-гипновые и др.). Кроме того, на карте отображены сообщества на ранних стадиях формирования лесной структуры, что позволяет оценить масштаб процессов зарастания открытых (нелесных) болот. Луговая растительность с участками травяных болот представлена 3 таксонами, кустарниковая – 1 (табл. 1). Антропогенно-производная растительность болот на геоботанической карте представлена 11 типами растительных сообществ. Все операции с пространственными данными выполнены в специализированных программах (ENVI, ArcGIS, QGIS), а также с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine. Достоверность классификации в наших исследованиях составила в среднем 76 % (пределы 68–93 %) [11].

Результаты и их обсуждение. На основе анализа геоботанической карты установлено, что площадь естественных и слаборазрушенных болот в настоящее время составляет 779,5 тыс. га (70,7 % от общей площади исследованной территории). Преобладают лесные болота, занимающие 397,7 тыс. га (36,1 %), в том числе сосновые – 190,6 тыс. га (17,4 %), пушистоберезовые – 132,7 (12,0 %) и черноольховые леса – 74,0 тыс. га (6,7 %). Площадь открытых (нелесных) болот составляет 330,3 тыс. га (29,9 %), в том числе верховых – 102,2 тыс. га (9,3 %), переходных – 53,1 тыс. га (4,8 %), низинных – 175,0 тыс. га (15,8 %). Среди этой площади доля зарастающих болот (редколесий) составляет 33,8 % (111,8 тыс. га), стабильные открытые болота с естественной и слаборазрушенной структурой и видовым составом занимают площадь 218,5 тыс. га. В целом древесная растительность присутствует на 65,3 % площади исследованных естественных и слаборазрушенных болот (табл. 1, рис. 3, а, б).

Т а б л и ц а 1. Легенда карты и современная структура растительного покрова болот и заболоченных земель Беларуси

| Категории легенды | | Площадь | |
|---|--|--------------|-------------|
| | | тыс. га | % |
| I. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ, СЛАБО- И УМЕРЕННО НАРУШЕННЫХ БОЛОТ | | 779,5 | 70,7 |
| ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | | 397,7 | 36,1 |
| Хвойные леса | | 191,0 | 17,4 |
| Сосновые (<i>Pinus sylvestris</i>) и пушистоберезово-сосновые (<i>Betula pubescens</i>, <i>Pinus sylvestris</i>) болотные леса | | 190,6 | 17,4 |
| 1 | Сосновые кустарничково-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>uliginosa</i> + обычная форма, <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) | | |
| 1a | с <i>Chamaedaphne calyculata</i> | 34,0 | 3,1 |
| 1б | с <i>Calluna vulgaris</i> | 44,7 | 4,1 |
| 2 | Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i> , <i>Polytrichum strictum</i>) | | |
| 2a | с <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> | 21,1 | 1,9 |
| 2б | с <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Sphagnum fallax</i> | 14,1 | 1,3 |
| 3 | Сосновые и пушистоберезово-сосновые кустарничково-осоково-сфагновые (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i> , <i>Sph. centrale</i> , <i>Sph. flexuosum</i> , <i>Sph. divinum</i>) | 57,3 | 5,2 |
| 4 | Пушистоберезово-сосновые осоково-травяно-сфагновые (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Carex appropinquata</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Sphagnum warnstorffii</i> , <i>Sph. teres</i> , <i>Sph. fallax</i> , <i>Sph. girgensohnii</i>) с <i>Betula humilis</i> в подлеске | 8,5 | 0,8 |
| 4a | с участием <i>Picea abies</i> в древостое и <i>Juniperus communis</i> в подлеске | 10,9 | 1,0 |
| Еловые (<i>Picea abies</i>) леса | | | |
| 5 | Еловые осоковые в сочетании с приручейно-травяными с неоднородным покровом (на кочках – <i>Luzula pilosa</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>D. expansa</i> , <i>Trientalis europaea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> ; в понижениях – <i>Carex elongata</i> , <i>Crepis paludosa</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Naumburgia thyrsoflora</i> , <i>Caltha palustris</i>) | 0,4 | <0,1 |
| Лиственный болотные леса | | 206,7 | 18,7 |
| Пушистоберезовые (<i>Betula pubescens</i>) леса | | 132,7 | 12,0 |
| 6 | Пушистоберезовые с сосной осоково-травяно-сфагновые (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. nigra</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Calliergonella cuspidata</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>Sphagnum centrale</i> , <i>Sph. fallax</i>) | 17,8 | 1,6 |
| 7 | Пушистоберезовые и черноольхово-пушистоберезовые гигрофильнотравяно-осоковые (<i>Calla palustris</i> , <i>Carex acutiformis</i> , <i>C. appropinquata</i> , <i>C. cinerea</i> , <i>C. elongata</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Naumburgia thyrsoflora</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , <i>Thelypteris palustris</i>) | 114,9 | 10,4 |
| Черноольховые (<i>Alnus glutinosa</i>) леса | | 74,0 | 6,7 |
| 8 | Черноольховые крапивно-кочедыжниковые (<i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Caltha palustris</i> , <i>Carex elongata</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Mercurialis perennis</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Stellaria nemorum</i> , <i>Urtica dioica</i>) в сочетании с черноольховыми высокотравными (<i>Calystegia sepium</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>L. vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>U. galeopsifolia</i>) с <i>Euonymus europaea</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Padus avium</i> , <i>Rubus caesius</i> в подлеске | 23,6 | 2,1 |
| 9 | Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые гигрофильнотравяно-осоковые (<i>Calla palustris</i> , <i>Carex acutiformis</i> , <i>C. elongata</i> , <i>C. pseudocyperus</i> , <i>C. riparia</i> , <i>C. vesicaria</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Naumburgia thyrsoflora</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Ranunculus lingua</i> , <i>Solanum dulcamara</i> , <i>Thelypteris palustris</i>) нередко с густым кустарничковым ярусом (<i>Frangula alnus</i> , <i>Salix cinerea</i>) | 50,4 | 4,6 |
| БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | | 330,3 | 29,9 |
| Верховые (олиготрофные) болота | | 102,2 | 9,3 |
| 10 | Кустарничково-сфагновые (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>) с редкой [h=2–3 м, сомкнутость 0,1–0,3] <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> | 6,5 | 0,6 |
| 11 | Пушицево-кустарничково-сфагновые (<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum divinum</i> , <i>Sph. angustifolium</i>) | | |
| 11a | с <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> | 4,5 | 0,4 |
| 11б | с <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Sph. rubellum</i> | 9,1 | 0,8 |
| 12 | Сосново-пушицево-сфагновые редколесья (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,2–0,4], <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) | 39,3 | 3,6 |

| Категории легенды | | Площадь | |
|---|---|--------------|-------------|
| | | тыс. га | % |
| 13 | Комплексная растительность: | | |
| 13а | Грядово-озерково-мочажинный комплекс: гряды: кустарничково-сфагновые гряды (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Sphagnum fuscum</i>) с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,1–0,3] мочажины: очеретниково-, шейхцериево- и топяноосоково-сфагновые мочажины (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. majus</i> , <i>Sph. balticum</i>), иногда с признаками регрессии (<i>Cladopodiella fluitans</i> , <i>Cephalozia fluitans</i> , <i>Mylia anomala</i>) озерки с открытой водной поверхностью или затягивающимися сфагновыми мхами (<i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. majus</i>) | 17,7 | 1,6 |
| 13б | Грядово-мочажинный комплекс: гряды: пушицево-кустарничково-сфагновые (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Sphagnum divinum</i>) с редкой <i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> [h=2–3 м, сомкнутость 0,1–0,3] мочажины: мелкие пушицево-очеретниково-сфагновые (<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i>), в наиболее обводненных участках – очеретниково- и шейхцериево-топяноосоково-сфагновые (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum balticum</i> , <i>Sph. cuspidatum</i>) | 14,4 | 1,3 |
| 13в | Грядово-мочажинный комплекс гряды: сосново-пушицево-сфагновые (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>litwinowii</i> , f. <i>willkommii</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) мочажины: мелкие пушицево-очеретниково-сфагновые (<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i> , <i>Sph. angustifolium</i> , <i>Sph. fallax</i>), в наиболее обводненных участках – очеретниково- и шейхцериево-топяноосоково-сфагновые (<i>Rhynchospora alba</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i>) | 4,3 | 0,4 |
| 13г | Шейхцериево-осоково-сфагновые топи на верховых болотах (<i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Sphagnum cuspidatum</i>) изредка в сочетании с озерами с открытой водной поверхностью | 6,4 | 0,6 |
| Переходные (мезоолиготрофные и мезотрофные) болота | | 53,1 | 4,8 |
| 14 | Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>E. polystachyon</i> , <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Sph. angustifolium</i> , <i>Sph. obtusum</i> , <i>Sph. papillosum</i>) | 27,8 | 2,5 |
| 14а | Зарастающие переходные болота: осоково-пушицево-травяно-сфагновые ковры с разреженными [h=2–5 м, сомкнутость 0,2–0,3] древесно-кустарниковым ярусом (<i>Betula pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Salix aurita</i> , <i>S. cinerea</i>) | 25,3 | 2,3 |
| Низинные (эвтрофные) болота | | 175,0 | 15,8 |
| 15 | Травяно-осоковые (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. dioica</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Baeothryon alpinum</i> , <i>Epipactis palustris</i>) с большим участием мезоевтрофных видов сфагнов (<i>Sphagnum warnstorffii</i> , <i>Sph. teres</i> , <i>Sph. squarrosum</i>) | 5,8 | 0,5 |
| 16 | Осоковые, осоково-гипновые (<i>Carex lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. elata</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Peucedanum palustre</i> , виды рода <i>Drepanocladus</i>) иногда с участием сфагнов (<i>Sphagnum contortum</i> , <i>Sph. subsecundum</i> , <i>Sph. teres</i> , <i>Sph. warnstorffii</i>) с мозаичным комплексом <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha latifolia</i> | 60,2 | 5,4 |
| 16а | Зарастающие низинные болота: осоково-гипновые с разреженным h=2–7 м, сомкнутость 0,2–0,3] древесно-кустарниковым ярусом (<i>Betula pubescens</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix cinerea</i> , <i>S. pentandra</i>) | 47,2 | 4,3 |
| 17 | Тростниковые (<i>Phragmites australis</i>) и влажно-высокотравные (<i>Typha latifolia</i> , <i>Carex pseudocyperus</i> , <i>Cicuta virosa</i> , <i>Lycopus europaeus</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Equisetum fluviatile</i>) сообщества | 61,8 | 5,6 |
| ЛУГОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | | 51,9 | 4,7 |
| Луга пойменные (заливные) с участками травяных болот, кустарников (<i>Frangula alnus</i>, <i>Salix cinerea</i>, <i>S. fragilis</i>, <i>S. pentandra</i>, <i>S. myrsinifolia</i>, <i>S. triandra</i>) | | 34,2 | 3,1 |
| 18 | Сырые луга (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>P. trivialis</i> , <i>Beckmannia eruciformis</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i>) с участками болотистых лугов и травяных болот | 33,6 | 3,0 |
| 19 | Болотистые луга (<i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Glyceria maxima</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. acutiformis</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>T. latifolia</i> , <i>Acorus calamus</i>) с участками травяных болот, закустаренные | 0,6 | 0,1 |
| Луга внепойменные (материковые) с участками травяных болот, кустарников (<i>Salix cinerea</i>, <i>S. caprea</i>, <i>S. triandra</i>, <i>S. myrsinifolia</i>, <i>S. rosmarinifolia</i>, <i>S. pentandra</i>, <i>S. aurita</i>, <i>Frangula alnus</i>, <i>Viburnum opulus</i>) | | 9,3 | 0,8 |
| 20 | Сырые луга (<i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Carex flava</i> , <i>C. panicea</i>) с участками торфянистых лугов (<i>Carex vesicaria</i> , <i>C. dioica</i> , <i>C. appropinquata</i>) и травяных болот | 9,3 | 0,8 |
| КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | | | |
| 21 | Ивняки пойменные (<i>Salix alba</i> , <i>S. fragilis</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Rubus caesius</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Veronica longifolia</i> , <i>Urtica galeopsifolia</i>) | 8,4 | 0,8 |

| Категории легенды | | Площадь | |
|---|---|--------------|-------------|
| | | тыс. га | % |
| II. АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НАРУШЕННЫХ БОЛОТ | | 323,7 | 29,3 |
| АНТРОПОГЕННО-ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА | | 37,8 | 3,4 |
| 22 | Сосновые, березово-сосновые кустарничково-сфагново-зеленомошные на торфах верхового типа осушенные (<i>Pinus sylvestris</i> f. <i>uliginosa</i> + обычная форма, <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Dicranum polysetum</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) | 29,1 | 2,6 |
| 23 | Лиственничные (<i>Betula pendula</i>) кустарничковые на торфах верхового типа осушенные (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. uliginosum</i> , <i>Polytrichum strictum</i>) | 5,7 | 0,5 |
| 23а | Лиственничные (<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Betula pubescens</i> , <i>B. pendula</i>) высокотравные на торфах низинного типа осушенные (<i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>Chrysosplenium alternifolium</i> , <i>Crepis paludosa</i> , <i>Geranium robertianum</i> , <i>Geum urbanum</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Poa palustris</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Viola epipsila</i>) с <i>Frangula alnus</i> , <i>Padus avium</i> , <i>Rubus idaeus</i> в подлеске в сочетании со злаково-разнотравными редколесьями (<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>) | 3,0 | 0,3 |
| МЕЛКОЛЕСЬЯ, КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ | | 155,7 | 14,1 |
| 24 | Ивняки (<i>Salix aurita</i> , <i>S. cinerea</i> , <i>S. pentandra</i>) гигрофильновысокотравные (<i>Phragmites australis</i> , <i>Iris pseudacorus</i> , <i>Typha latifolia</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Scirpus sylvaticus</i>) | 14,5 | 1,3 |
| 25 | Ивняки (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. rosmarinifolia</i> , <i>S. triandra</i>) с березой пушистой (<i>Betula pubescens</i>) и ольхой черной (<i>Alnus glutinosa</i>) вейниково-осоковые (<i>Calamagrostis canescens</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. vesicaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Lythrum salicaria</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Thelypteris palustris</i>) и тростниково-вые (<i>Phragmites australis</i>) | 141,2 | 12,8 |
| ПРОЧАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ | | 130,2 | 11,8 |
| 26 | Злаково-разнотравные ксеромезофитные (<i>Poa angustifolia</i> , <i>Trifolium montanum</i>), психромезофитные (<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Briza media</i> , <i>Festuca rubra</i>) и эумезофитные (<i>Festuca pratensis</i> , <i>Poa pratensis</i>) часто с участием сорно-полевых видов (<i>Urtica dioica</i> , <i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Galium mollugo</i> , <i>Linaria vulgaris</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Potentilla anserina</i> , <i>Carduus crispus</i> и др.) на торфах низинного типа | 16,1 | 1,5 |
| 27 | Комплекс мезофитных сообществ (<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>F. rubra</i> , <i>Phleum pratensis</i>) на торфах низинного типа | 23,5 | 2,1 |
| 28 | Вересковые (<i>Calluna vulgaris</i>), вересково-политриховые-сфагновые (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Polytrichum strictum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) с участками хвойно-лиственничных (<i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i> , <i>Pinus sylvestris</i>) кустарничково-политрихово-сфагновых (<i>Calluna vulgaris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Polytrichum strictum</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Sph. divinum</i>) производных сообществ на торфах верхового типа | 16,7 | 1,5 |
| 29 | Многолетние и двулетние высокотравные нитрофильные сообщества влажных местообитаний (<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Eupatorium cannabinum</i> , <i>Agrostis gigantea</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Urtica dioica</i>) на торфах низинного типа | 54,6 | 4,9 |
| 30 | Пионерная растительность (<i>Tussilago farfara</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Carduus crispus</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Rumex acetosella</i> , <i>Sonchus arvensis</i>) на торфах низинного типа | 0,2 | <0,1 |
| 31 | Гольый торф, ранние стадии формирования растительности на бывших участках торфодобычи (<i>Tussilago farfara</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Cardaminopsis arenosa</i> , <i>Juncus conglomeratus</i> , <i>Phragmites australis</i>) иногда с ивами (<i>Salix cinerea</i> , <i>S. purpurea</i>) на торфах низинного типа | 19,1 | 1,7 |

На площади 229,4 тыс. га выявлены наиболее ценные с природоохранной точки зрения растительные сообщества: пушистоберезово-сосновые осоково-травяно-гипново-сфагновые (№ 4) – 10,9 тыс. га (1,0 %); стабильные растительные сообщества открытых (нелесных) болот (№ 10, 11, 13а–г, 14, 15, 16; см. табл. 1) – 218,5 тыс. га (19,7 %).

Вместе с тем в ходе исследований выявлены земли общей площадью около 100 тыс. га (9,1 %), которые необходимо дополнительно обследовать на предмет исключения из базы торфяников (№ 18–21, 26, 27; см. табл. 1). Это связано с тем, что при разработке базы данных недостаток сведений торфоразведки по наличию и мощности торфяной залежи компенсировался применением данных ДЗЗ. Вследствие перекрытия спектральных характеристик болот с характеристиками других угодий возникают неизбежные ошибки (с культурными сенокосами и пастбищами, пойменными лугами) [4].

Площадь болот с антропогенно-производной растительностью составляет 323,7 тыс. га (29,3 %). Преобладают кустарники (155,7 тыс. га – 14,1 %), высокотравные нитрофильные сообщества влажных местообитаний (54,6 тыс. га – 4,9 %), мелиоративно-производные леса (37,8 тыс. га – 3,4 %), возникшие после преобразования местообитаний на осушенных землях временного сельскохозяйственного или иного использования.

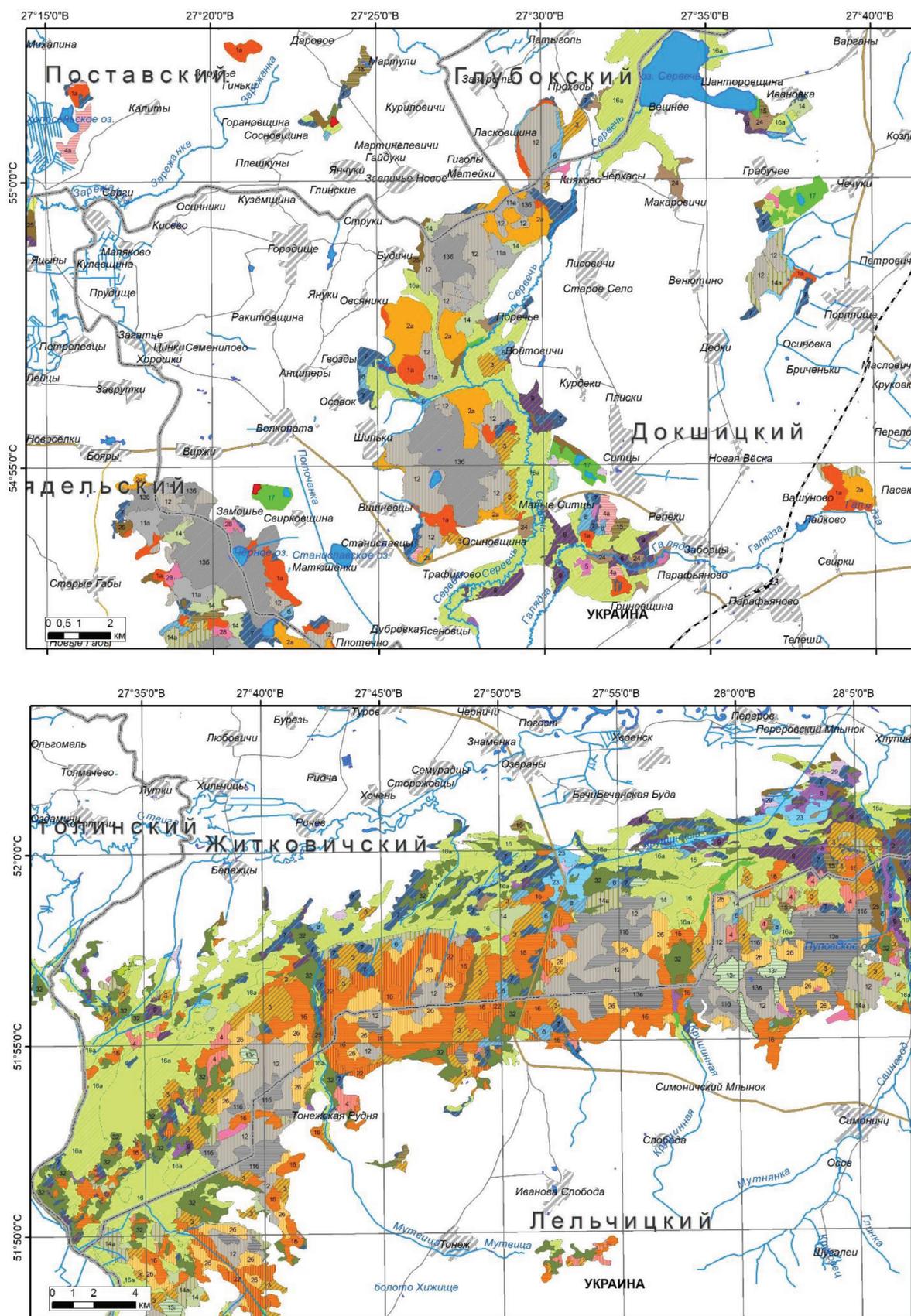


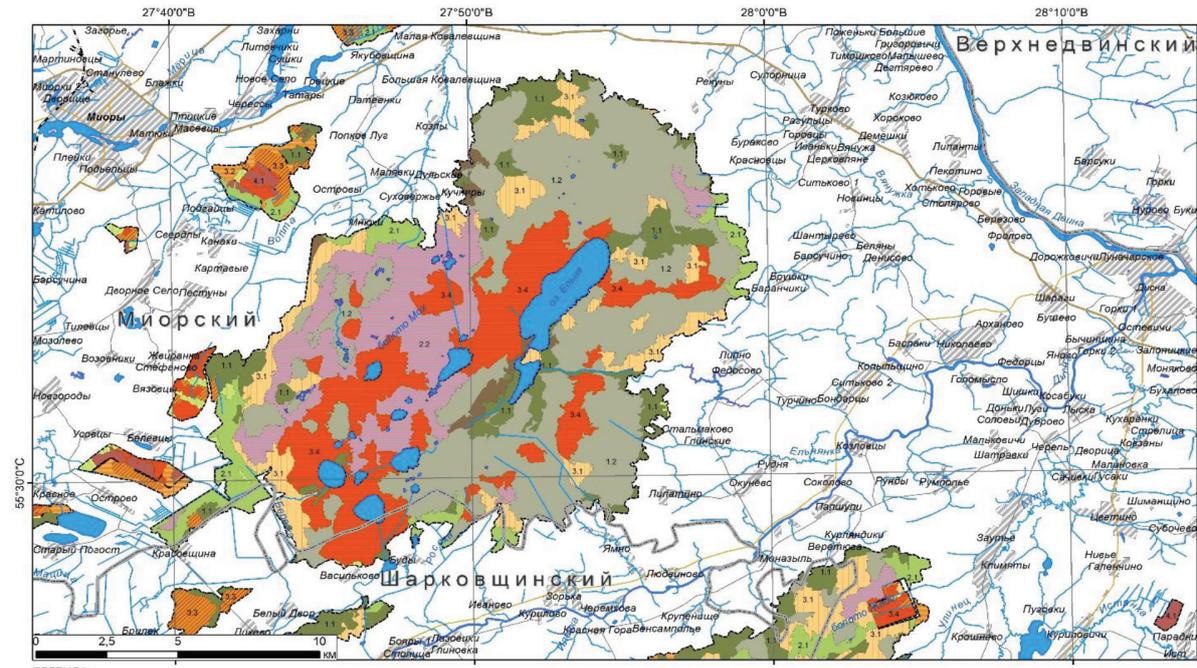
Рис. 3. Фрагменты карты растительности болот Беларуси (М 1:100 000; уменьшенная копия)

Оценка динамики и экологического состояния растительного покрова болот Беларуси. Исходные данные, методика исследований. Оценка современного состояния растительного покрова болот Беларуси проводится через установление степени ее нарушенности (сохранности). В основу разработки системы оценок экологического состояния растительности положен подход к выделению стадий коренных, условно-коренных, коротко- и длительнопроизводных и серийных сообществ, отражающих скорость восстановления коренной или потенциальной растительности. Каждая стадия отражает степень нарушенности и соответственно удаленности от климаксового состояния. Всего выделено 11 стадий (табл. 2, рис. 4), которые объединены по 4 категориям состояния растительного покрова: слабо-, средне-, сильнонарушенная и полностью уничтоженная растительность. Таким образом, составленная карта отражает два процесса – дигрессию растительности под влиянием антропогенных и естественных факторов и демулационные процессы, развивающиеся после этих воздействий. В качестве исходных данных использовали: а) геоботаническую карту растительности с отражением динамических процессов; б) материалы актуального лесоустройства; в) вспомогательные материалы, отражающие воздействие деструктивных факторов (пожары, гибели лесов, мелиорация).

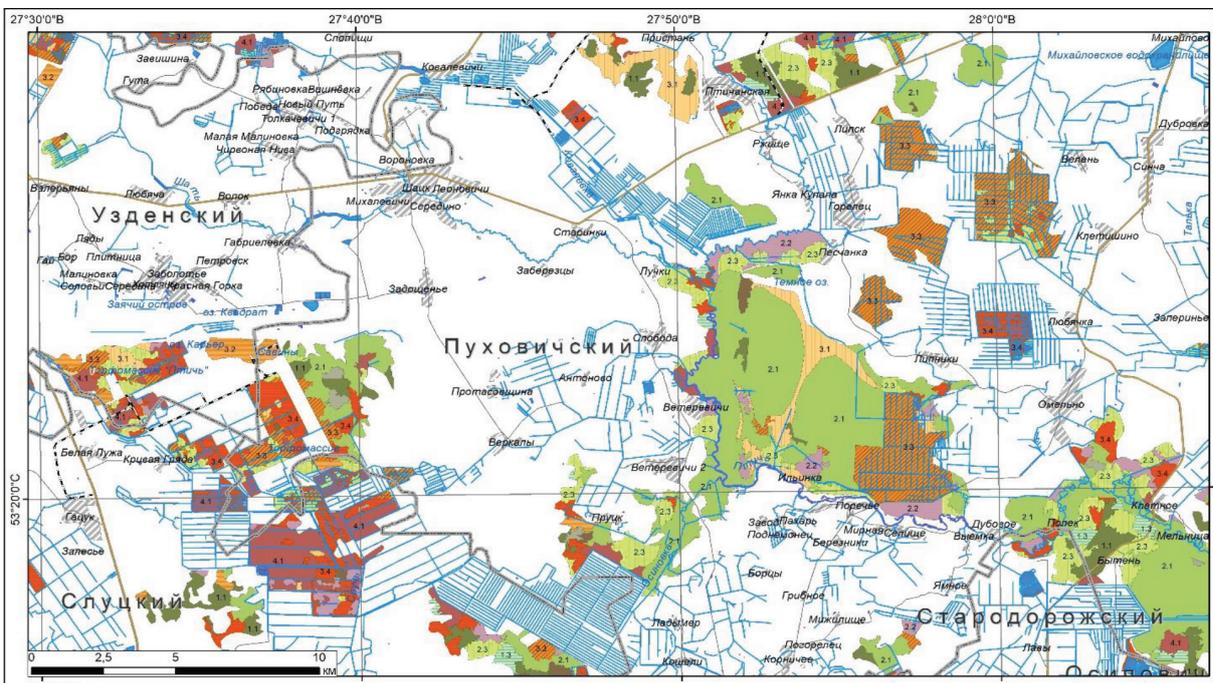
Т а б л и ц а 2. Соотношение площадей по категориям состояния растительности болот Беларуси (по состоянию на 2020 г.)

| Категория состояния и стадии дигрессии | | Площадь | |
|--|---|--------------|-------------|
| | | тыс. га | % |
| I | Естественная и слабнонарушенная растительность | 430,0 | 39,0 |
| 1.1 | Условно-коренные и длительно-производные хвойные и лиственные болотные леса без следов природных или антропогенных нарушений | 294,9 | 26,7 |
| 1.2 | Условно-коренные растительные сообщества необлесенных болот без следов природных или антропогенных нарушений | 118,6 | 10,8 |
| 1.3 | Условно-коренные болотные растительные сообщества речных пойм без следов природных или антропогенных нарушений | 16,5 | 1,5 |
| II | Средненарушенная растительность | 353,6 | 32,0 |
| 2.1 | Коренные и длительно-производные хвойные, лиственные коренные болотные леса с умеренным воздействием антропогенных (выборочные рубки, мелиорация, пожары прошлых лет) факторов: состав древостоя соответствует тому, который имеют древостои естественной фазы сукцессии, местообитание практически не нарушено | 75,3 | 6,8 |
| 2.2 | Коротко-производные растительные сообщества необлесенных болот, сформировавшиеся под влиянием умеренного прямого или опосредованного антропогенного воздействия | 67,1 | 6,1 |
| 2.3 | Относительно неустойчивые первичные леса начальных стадий сукцессии, возникшие после преобразования на торфяно-болотных почвах, ранее не бывших под лесом | 211,2 | 19,1 |
| III | Сильнонарушенная растительность | 300,3 | 27,2 |
| 3.1 | Длительно-производные растительные сообщества болот, первичные антропогенные леса, возникшие после преобразования местообитаний (на осушенных землях, временного сельскохозяйственного или иного использования) | 123,6 | 11,2 |
| 3.2 | Вторичные лиственные леса с сильно изменённым составом и структурой древостоя и подчинённых ярусов, без признаков восстановления коренных типов леса | 8,7 | 0,8 |
| 3.3 | Длительно-производные хвойные и лиственные леса, в которых хозяйственное влияние (пожары, осушительная мелиорация, выборочные рубки) и (или) последствия воздействия природно-климатических факторов катастрофического характера существенно нарушили местообитания фитоценозов, а также их состав и структуру | 37,8 | 3,4 |
| 3.4 | Серийные сообщества на месте болотных фитоценозов, сформированные в результате антропогенного воздействия (мелиорация, торфодобыча, пожары, сельскохозяйственное использование) | 130,2 | 11,8 |
| IV | Уничтоженная природная растительность | 19,3 | 1,8 |
| 4.1 | Местообитания с полностью уничтоженной природной растительностью (открытый торф) с начальными процессами демулации | 19,3 | 1,8 |

Результаты и их обсуждение. Анализируя материалы оценки экологического состояния растительного покрова болот (табл. 2, рис. 4), следует отметить, что наблюдается преобладание деструктивных процессов, накопление признаков неуклонного разрушения коренной растительности. Процессы естественного восстановления растительности уже не обеспечивают в должной мере устойчивость коренной растительности к антропогенным воздействиям, все более обширные территории занимают антропогенно-производные сообщества (673,2 тыс. га – 61,0 %). В целом соотношение площадей экосистем болот с различной степенью нарушенности растительного покрова следующее: с полностью уничтоженной естественной растительностью – 19,3 тыс. га (1,8 %); с силь-



а



б

Рис. 4. Фрагменты карты экологического состояния растительного покрова болот Беларуси (М 1:100 000, уменьшенная копия): а – Миорский район Витебской области, б – Пуховичский район Минской области

нонарушенным растительным покровом – 300,3 тыс. га (27,2 %); со средненарушенным – 353,6 тыс. га (32,0 %); с естественной и слабонарушенной растительностью – 430 тыс. га (39,0 %).

Для каждого административного района рассчитывались площади, занимаемые экосистемами различных стадий нарушенности, а также индекс состояния экосистем болот (I_C): $I_C = \frac{\sum C_j S_j}{S}$, где C_j – стадия нарушенности; S_j – площадь экосистем в данном состоянии; S – общая площадь исследуемой территории.

В разрезе административных районов наиболее высокая степень сохранности болот характерна для следующих районов: Лепельский ($I_C = 1,30$), Россонский (1,31), Бельничский (1,37), Полоцкий (1,41), Краснопольский (1,43). Наиболее нарушенные экосистемы болот в Минском (3,31), Слонимском (3,29), Копыльском (3,21), Лидском (3,15), Мостовском (3,13) районах (рис. 5). Наибольшие площади нарушенных болот (с уничтоженным и сильно нарушенным растительным покровом) находятся (тыс. га) в Смолевичском (2,8), Пуховичском (2,4), Слуцком (2,2), Солигорском (2,0), Лельчицком (1,9) районах. В этих районах необходимо проведение первоочередных мероприятий по восстановлению гидрологического режима экосистем.

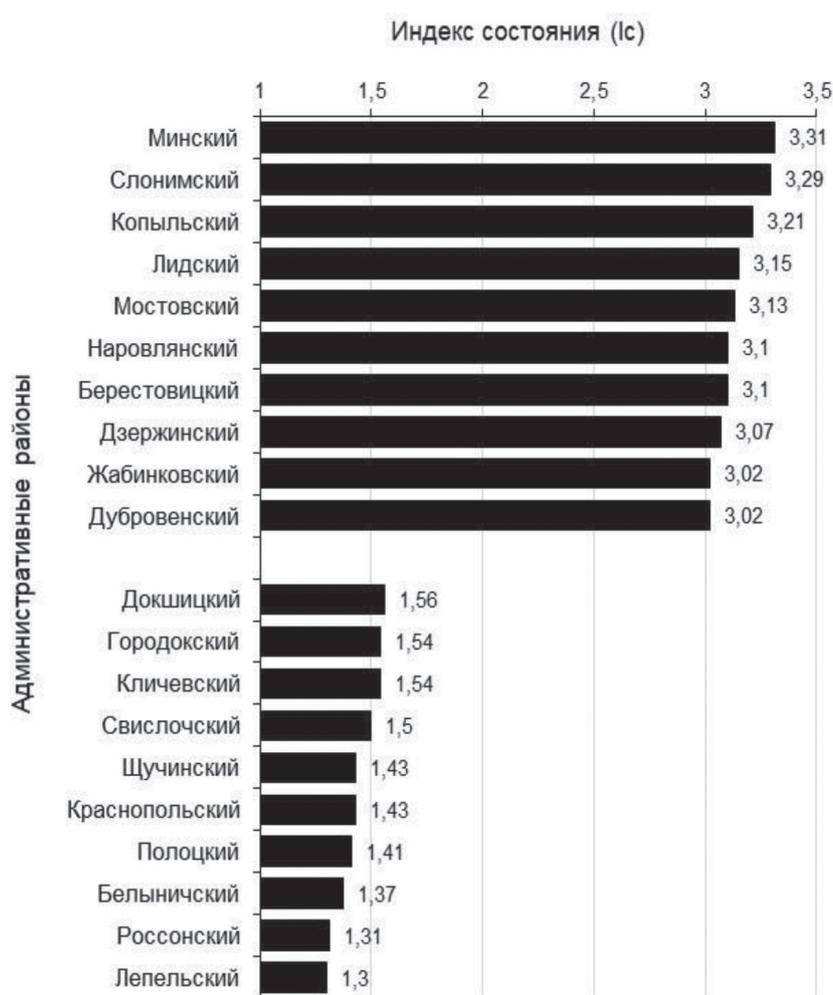


Рис. 5. Ранжирование административных районов по средневзвешенному значению индекса состояния экосистем болот (приводится десять районов с наиболее нарушенными болотами и десять районов с наибольшей концентрацией естественных болот)

Оценка пожарной устойчивости растительного покрова болот. Исходные данные, методика исследований. На основе интегральной оценки комплекса показателей (степень разложения, зольность, влажность, мощность торфа, уровень залегания болотных вод, рельеф, характеристики горючести растительного материала, степень нарушенности) выделенные типы растительных сообществ объединены в 5 классов по степени устойчивости к пожарам [9]: 1) *наименее устойчивые*:

вересковые пустоши на гарях, пионерная растительность на торфах низинного типа, открытые участки торфа; 2) *неустойчивые*: послепожарные кустарничково-политрихово-сфагновые, кустарничково-сфагновые сообщества; 3) *среднеустойчивые*: сосновые и лиственные болотные леса на осушенных землях, суходольные хвойные и лиственные леса на минеральных островах, пушицево-кустарничково-сфагновые (по окраинам болот) сообщества, злаково-разнотравные сообщества на осушенных торфяниках; 4) *устойчивые*: сосновые и лиственные болотные леса, грядово-(мелко)мочажинные комплексы, осоково-сфагновые мезотрофные ковры, влажно-высокотравные сообщества на нарушенных болотах, ивняки травяно-тростниково-осоковые, ивняки влажно-высокотравные; 5) *наиболее устойчивые*: сильно обводненные грядово-мочажинные комплексы, топи на верховых и переходных болотах, травяно-осоковые травостои на низинных болотах, тростниковые заросли.

Сведения по классам пожарной устойчивости вносили в атрибутивные таблицы базового ГИС-слоя «Растительность болот», а затем на основе данной информации производили построение и оформление карты (рис. 6). Для каждого болота увязывали результаты картографической оценки с материалами лесоустройства, рассчитывали площади участков по классам пожарной устойчивости и средневзвешенное значение класса, выполняли их ранжирование.

Результаты и их обсуждение. Площадь болот, где существует высокий потенциал возникновения пожаров при неблагоприятных погодно-климатических условиях, составляет 221,4 тыс. га. Для административных районов наибольшие площади пожароопасных торфяников характерны (тыс. га) для Пуховичского (14,1), Солигорского (12,3), Столинского (8,2), Докшицкого (7,5), Миорского (6,9), Борисовского (6,3), Быховского (6,1), Шумилинского (5,7), Ляховичского (5,5), Лидского (5,3) (рис. 7).

Прогноз динамики экосистем болот в связи с изменением климата (до 2050 г.). Следует отметить, что прогноз последствий изменения климата для экосистем болот крайне сложен. Палеоэкологические данные свидетельствуют в целом об относительно высокой устойчивости болот к изменениям климата прошлого [8]. Однако современные климатические изменения могут значительно отличаться от прошлых по скорости и характеру. При этом палеоэкология информирует в основном о длительных, особенно с точки зрения человеческой жизни, временных интервалах. Трудно оценить последствия роста повторяемости экстремальных явлений и нестабильности климата. Если рассматривать малый климатический оптимум голоцена как наиболее близкий климатический сценарий возможного будущего, то большинство болот Евразии (в том числе и Беларуси) не будут находиться в активной фазе роста при потеплении климата [20].

Прямое влияние изменения температур существенно не повлияет на структуру и состояние болота. От этих воздействий во влажных условиях защищает специфический микроклимат, в менее обводненных – торф проявляет свои термоизолирующие свойства. Основным механизмом воздействия при изменении климата выступает водный режим. Наиболее вероятный ответ на потепление климата – понижение уровня болотных вод [8]. Соответственно в основу большинства прогнозных моделей положены уже известные реакции экосистем болот на последствия их осушения.

Исходные данные, методика исследований. Схема последовательности научно-исследовательских работ состояла из 4 этапов.

1. *Подготовка производных спутниковых, тематических и картографических продуктов.* В качестве базовой карты для разработки прогноза использовалась крупномасштабная (М 1:100 000) карта современной растительности. Вспомогательным материалом для анализа служили карты динамики и состояния растительного покрова; карта-схема размещения нарушенных болот. Также использовали прогнозные сценарии изменений климата Беларуси до 2050 г. [21].

2. *Разработка прогноза модели биоразнообразия растительного покрова болот при изменении климата.* В основу построения модели динамики положены: современная карта растительности болот; сукцессионные ряды растительности при изменении климата и осушении; существующие модели и экспертные оценки прогноза реакции экосистем на изменение климата [8, 22–24]; прогноз климатических изменений в условиях Беларуси.

3. *Совмещение на платформе ГИС аналитических спутниковых, тематических и картографических продуктов, составление карты потенциальной растительности (до 2050 г.).*

4. *Статистическая обработка средствами ГИС, составление прогноза угроз биологического разнообразия, анализ полученных результатов, формирование выводов и заключений.*

Результаты и их обсуждение. К числу основных угроз биоразнообразию болот, связанных с изменением климата, относятся: а) изменение границ пространственного распространения (сокращение ареала болот бореального типа, пойменных болот) и разнообразия (упрощения пространственной структуры, сокращение биотопического разнообразия, изменение видового состава, исчезновение редких видов фауны и флоры) болот; б) понижение уровня стояния болотных вод;

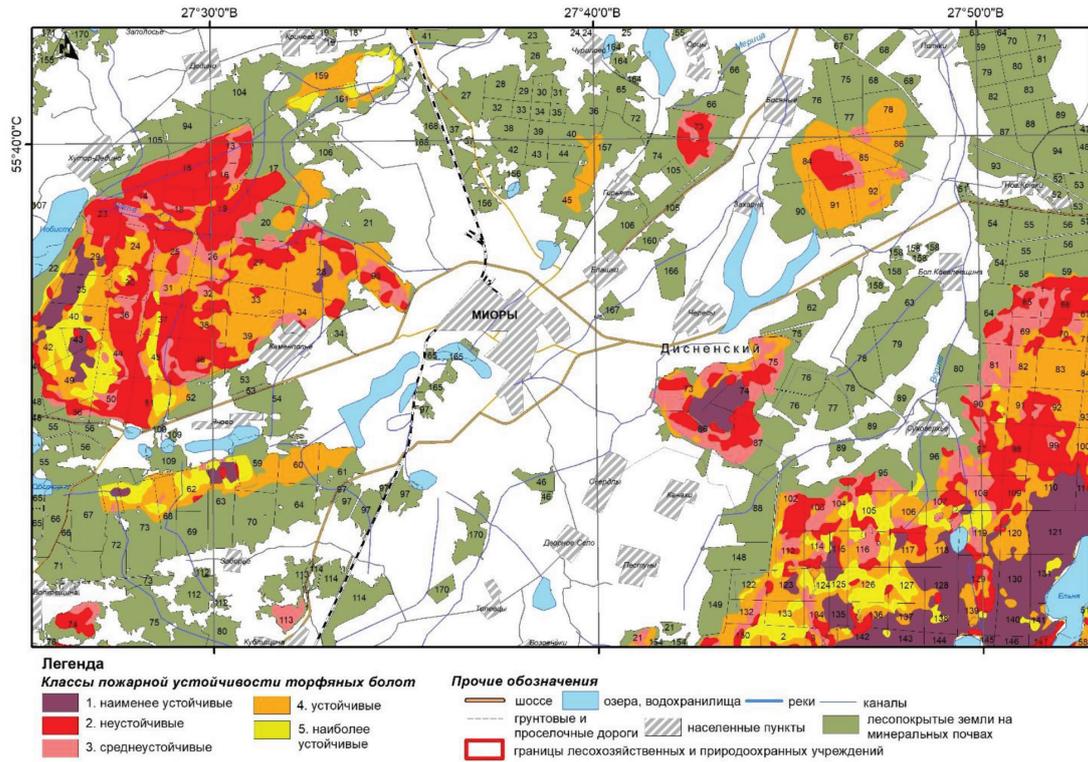


Рис. 6. Фрагмент карты пожарной устойчивости растительного покрова болот Беларуси (М 1:100 000, уменьшенная копия)

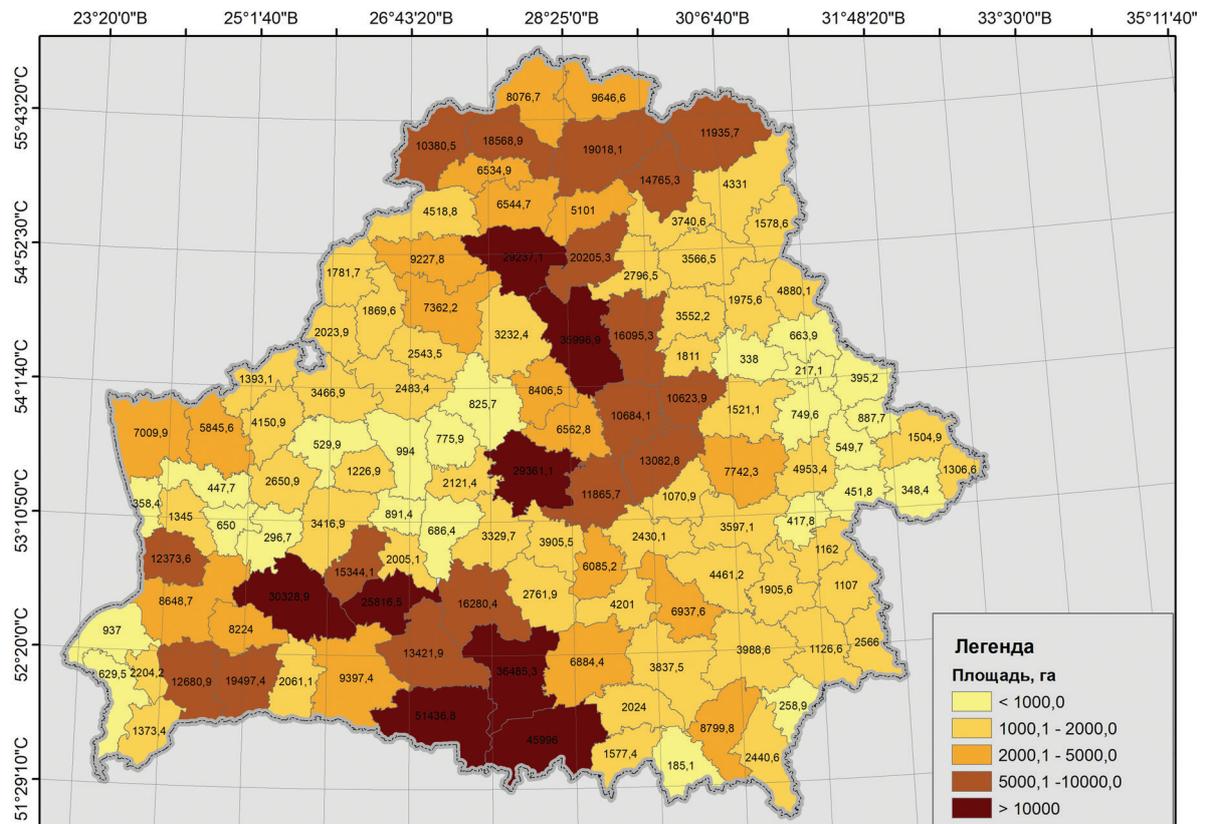


Рис. 7. Распределение площадей болот с высоким риском возникновения пожаров в разрезе административного районирования Беларуси

в) зарастание открытых болотных экологических систем древесно-кустарниковой растительностью, торфяные пожары. Прогноз изменения биоразнообразия экосистем болот Беларуси следующий.

1. Сокращение площадей болот, наиболее зависимых от климата – открытых (нелесных) таежных верховых болот, пойменных болот. Прогнозируется, что к 2050 г. при текущем климатическом сценарии площади наиболее открытых таежных верховых болот FUSCUM-типа сократятся на 56,7 тыс. га (-49,2 % от площади занимаемых этими болотами в настоящее время). Их распространение будет локализовано северными районами страны.

Основные направления динамики верховых болот FUSCUM-типа будут протекать в следующих направлениях: а) формирование лесного типа болот; б) смена основного эдификатора растительного покрова болот (*Sphagnum fuscum* на *Sph. divium*) и соответственно заменой болот FUSCUM-типа на DIVINUM-тип; в) деградации грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексов. Прогнозируется также сокращение площадей открытых пойменных болот (на 60,7 %) прежде всего из-за изменения гидрологического режима рек (резкое сокращение зимнего водонакопления и весеннего половодья, аномальная летняя межень).

2. Уменьшение биотопического (экосистемного) разнообразия болот и упрощение их внутренней пространственной структуры за счет сокращения в 3,5 раза распространения стабильных открытых (нелесных) болот; активного развития лесов (+4,3 % от общей площади учтенных болот) и кустарников (+19,8 %); деградации и уничтожения местообитаний открытых водоемов, болотных топей (-0,3 %); сокращение за счет процессов естественного восстановления деградированных болот с сильно нарушенным и уничтоженным растительным покровом (-8,7 %).

3. Общая площадь болот, испытывающих воздействие от изменения климата, по нашим оценкам составляет 634,3 тыс. га или 57,5 % от общей площади.

4. Прогнозируется, что к 2050 г. доля стабильных открытых болот будет составлять около 5 % от общей площади, а болотные леса и кустарниковые заросли будут абсолютно доминировать в спектре фитоценотического и экосистемного разнообразия болот – 80,0 % (рис. 8).



Рис. 8. Современная (по состоянию на 2020 г.) и прогнозная (на 2050 г.) структура биотопического разнообразия болот Беларуси

5. Изменения флоры болот будет контролироваться в большей степени не климатом напрямую, а через формирование подходящего местообитания, т.е. наличием или отсутствием болота определенного типа [22]. Именно состояние болот и их внутренняя пространственная структура будут определять видовое разнообразие растительного покрова болот и в значительной степени связанной с ней болотной фауны. Наибольшую прямую угрозу исчезновения (или существенного сокращения ареала распространения) будут иметь следующие группы растений: *Empetrum nigrum*-группа объединяет олиготрофные виды, характерные для высоких кочек и гряд; *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus*

microcarpus, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum fuscum*; *Rhynchospora alba* объединяет: *Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Drosera anglica*, *Sphagnum cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. majus*, *Hepaticae* (*Cladopodiella fluvians*, *Gymnocolea inflata* и др.). Группа характерна для сильно обводненных застойных мочажин олиготрофных болот.

В результате изменения климата и пространственной организации болот могут исчезать виды с ограниченной адаптационной способностью, узкоспециализированные, редкие. В частности, прогнозируется исчезновение и резкое сокращение распространения охраняемых видов растений [25]: *Carex buxbaumii* I (CR), *Betula nana* II (EN), *Rubus chamaemorus* II (EN), *Gymnocolea inflata* II (EN), *Carex pauciflora* III (VU), *Carex paupercula* III (VU); угрожаемое состояние (значительное сокращение распространения) [25]: *Carex davalliana* I (CR), *Nuphar pumila* II (EN), *Carex capillaris* II (EN), *Listera cordata* II (EN), *Baeothryon alpinum* III (VU), *Eriophorum gracile* III (VU), *Salix myrtilloides* III (VU), *Oxycoccus microcarpus* IV (NT), *Lycopodiella inundata* IV (NT), *Drosera anglica* LC. Вместе с тем изменение климата возможно положительно скажется на увеличении распространения ряда видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь [25]: *Coeloglossum viride* II (EN), *Liparis loeselii* II (EN), *Sphagnum molle* III (VU), *Viola uliginosa* IV (NT), *Dactylorhiza fuchsii* LC, *Utricularia minor* LC.

6. Более частыми могут стать пожары на болотах и заболоченных местообитаниях. Площадь болот, где существует высокий потенциал возникновения пожаров при неблагоприятных погодно-климатических условиях, составляет 221,4 тыс. га.

Заключение. Проанализированы результаты инвентаризации современного состояния экосистем болот Беларуси. В концепции исследований в качестве индикатора состояния и динамики экосистем использовали структуру растительного покрова. Преобладают лесные болота, занимающие 397,7 тыс. га (36,1 %), площадь открытых (нелесных) болот составляет 330,3 тыс. га (29,9 %), нарушенных торфяников – 323,7 тыс. га (29,3 %). Выявлены земли общей площадью около 100 тыс. га (9,1 %), которые необходимо дополнительно обследовать для исключения из базы торфяников Беларуси.

Установлено, что соотношение площадей экосистем болот с различной степенью нарушенности растительного покрова следующее: с полностью уничтоженной естественной растительностью занимают 19,3 тыс. га (1,8 %); с сильнонарушенным растительным покровом – 300,3 тыс. га (27,2 %); со средненарушенным – 353,6 тыс. га (32,0 %); с естественной и слабонарушенной растительностью – 430 тыс. га (39,0 %). Площадь болот, где существует высокий потенциал возникновения пожаров при неблагоприятных погодно-климатических условиях, составляет 221,4 тыс. га.

Прогнозируемые изменения биоразнообразия экосистем болот Беларуси прежде всего в сокращении площадей болот, наиболее зависимых от климата, – открытых (нелесных) таежных верховых болот, пойменных болот; уменьшении биотопического (экосистемного) разнообразия болот и упрощение их внутренней пространственной структуры. Общая площадь болот, испытывающих воздействия от изменения климата, по нашим оценкам составляет 634,3 тыс. га или 57,5 % от общей площади.

Список использованных источников

1. Схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 30 дек. 2015 г., № 1111 // О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников. – Режим доступа: <https://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Sxema-torfjaniki.docx>. – Дата доступа: 15.02.2022.
2. Об охране и использовании торфяников [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 18 дек. 2019 г., N 272-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=N11900272&p1=1>. – Дата доступа: 15.02.2022.
3. Бамбалов, Н. Н. Современное использование болот и торфяных месторождений Беларуси / Н. Н. Бамбалов, Н. И. Тановицкая // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы междунар. науч.-практ. семинара, Минск, 30 сент.–1 окт. 2009 г. – Минск, 2009. – С. 17–24.
4. Картографирование болот Московской области по данным космической съемки высокого разрешения / А. А. Сирин [и др.] // Лесоведение. – 2014. – № 5. – С. 65–71.
5. Козулин, А. В. Современное состояние торфяников Беларуси / А. В. Козулин, Н. И. Тановицкая // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы III Междунар. науч. семинара, Минск–Гродно, 26–28 сент. 2018 г. – Минск, 2018. – С. 65–71.
6. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию болот России. М-во природных ресурсов Рос. Федерации. – М.: Рос. программа Междунар. бюро по сохран. водно-болотных угодий, 2003. – 24 с.
7. Углеродные кредиты и заболачивание деградированных торфяников. Климат – Биоразнообразие – Землепользование: теория и практика – уроки реализации пилотного проекта в Беларуси: [пер. с нем.] / ред.: Ф. Таннебергер, В. Вихтманн. – Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2011. – XII. – 221 с.
8. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main report / F. Parish [et al.] // Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International. – Wageningen, 2008. – 179 p.
9. Развитие платформы «Биоразнообразие болот Беларуси» на основе данных дистанционного зондирования и информационных технологий: концепция, методология, обзор тематических картографических продуктов» / Д. Г. Груммо [и др.] // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использова-

ния и охраны: материалы IV Междунар. науч. семинара, Минск–Витебск, 22–24 сент. 2021 г. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Витеб. гос. ун-т им. П. М. Машерова. – Минск: Колорград, 2021. – С. 16–28.

10. База данных торфяники Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://peatlands.by>. – Дата доступа: 15.02.2022.

11. Картографирование растительности болот и заболоченных земель Беларуси: методические подходы и результаты / Д.Г. Груммо [и др.] // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы IV Междунар. науч. семинара, Минск–Витебск, 22–24 сент. 2021 г. / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси, Витеб. гос. ун-т им. П. М. Машерова. – Минск: Колорград, 2021. – С. 29–37.

12. Богдановская-Гиенэф, И. Д. Растительный покров верховых болот Русской Прибалтики / И. Д. Богдановская-Гиенэф // Труды Петергоф. естест.-науч. ин-та. – Л.: Главнаука, 1928. – № 5. – С. 265–377.

13. Цинзерлинг, Ю. Д. Растительность болот / Ю. Д. Цинзерлинг // Растительность СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 335–428.

14. Brundza, K. Kamanos: Hidrografija, stratigrafija ir augalija / K. Brundza. – Kaunas, 1937. – 268 s.

15. Табака, Л. В. Материалы к исследованию растительного покрова олиготрофных болот Приморской низменности Латвийской ССР / Л. В. Табака // Растительность Латвийской ССР. – 1955. – Т. 1, тр. 3. – С. 233–258.

16. Юрковская, Т. К. Краткий очерк растительности болот средней Карелии / Т. К. Юрковская // Торфяные болота Карелии: тр. Карельский филиал АН СССР. – 1959. – Вып. 15. – С. 108–124.

17. Кузнецов, О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) / О. Л. Кузнецов // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Фенноскандии: тр. Карельский НЦ РАН. – Петрозаводск. – 2005. – Вып. 8. – С. 15–46.

18. Кузнецов, О. Л. Топо-экологическая классификация растительности болот Карелии / О. Л. Кузнецов // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене: материалы симпозиума. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. – С. 28–34.

19. Напреенко, М. Г. Флора и растительность верховых болот Калининградской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / М. Г. Напреенко. – Калининград, 2002. – 37 с.

20. Климанов, В. А. Динамика торфонакопления болотами Северной Евразии за последние 3000 лет / В. А. Климанов, А. А. Сиринов // Докл. Рос. акад. наук. – 1997. – Т. 354. – № 5. – С. 683–686.

21. Логинов, В. Ф. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси на период 2016–2035 гг. / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 51–64.

22. Минаева, Т. Ю. Биологическое разнообразие болот и изменение климата / Минаева Т. Ю., Сиринов А. А. // Успехи современной биологии. – 2011. – Т. 131, № 4. – С. 393–406.

23. Laine, J. Effect of water-level drawdown on global climatic warming: northern peatlands / J. Laine // Ambio. 1996. – Vol. 25, N 3. – P. 179.

24. Peatlands and Climate Change / Struck M. (ed.) // Saarijaarvi: International Peat Society, 2008. – 223 p.

25. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / пред. редкол. И. М. Качановский. – 4-е изд. – Минск: БЭ імя Петруся Броўкі, 2015. – 445 с.

Поступила 24.02.2022