

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 630\*/504.6:62/69

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-30-42>

Поступила в редакцию 18.11.2019

Received 18.11.2019

**И. П. Вознячук<sup>1</sup>, А. А. Моложавский<sup>2</sup>, А. В. Судник<sup>1</sup>, Н. Л. Вознячук<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*Белорусское общество охотников и рыболовов, Минск, Республика Беларусь*

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ БУФЕРНОЙ ЗОНЫ НОВОПОЛОЦКОГО НЕФТЕПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ 25-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)**

**Аннотация.** Обобщены оригинальные результаты 25-летнего мониторинга лесной растительности буферной зоны Новополоцкого нефтепромышленного комплекса (ННПК). Проведен анализ количественных и качественных изменений, произошедших в период 1990–2015 гг. функционирования предприятий ННПК с различным объемом выбросов. Детальное изучение организации растительного покрова показало, что наиболее трансформированные участки леса примыкают к предприятиям с подветренной стороны. За 25-летний период исследования площадь коренных фрагментов лесов в 500-метровой зоне воздействия ННПК сократилась в 2,6 раза, а леса представлены в основном производными мелколиственными сообществами, сформировавшимися на месте погибших хвойных древостоев сразу после пуска заводов. Отклик растительности на снижение в 1990-е годы техногенного пресса проявился в активных демутационных преобразованиях. Последнее время отмечается также доминирование восстановительных процессов, но при этом продолжается смена коренных сосняков и ельников на производные, что выражается в пролонгированном распаде фрагментов расстроенных ранее древостоев. Направленность и темпы смены одних растительных группировок другими зависят от исходного состояния растений, видовой и возрастной структуры сообществ, условий их произрастания и своеобразия факторов окружающей среды. Однако в целом лесные экосистемы региона сохранили способность к регенерации состава и структуры.

**Ключевые слова:** лесная растительность, парцеллярная структура, трансформация, тренды динамики, буферная зона, техногенное воздействие, Новополоцкий нефтепромышленный комплекс

**Для цитирования:** Основные тренды динамики лесных насаждений буферной зоны Новополоцкого нефтепромышленного комплекса (по результатам 25-летних исследований) / И. П. Вознячук [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 30–42. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-30-42>

**Irina P. Voznyachuk<sup>1</sup>, Anatoli A. Malazhavski<sup>2</sup>, Aliaksandr V. Sudnik<sup>1</sup>, Nikolai L. Voznyachuk<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Belarusian Society of Hunters and Fishermen, Minsk, Republic of Belarus*

## **MAIN TRENDS IN THE DYNAMICS OF FOREST PLANTATIONS IN THE BUFFER ZONE OF THE NOVOPOLOTSK REFINERY COMPLEX (BASED ON THE RESULTS OF A 25-YEAR RESEARCH)**

**Abstract.** The unique results of the 25-year monitoring of forest vegetation of the buffer zone at the Novopolotsk Refinery Complex (NIRC) were summarized. The analysis of quantitative and qualitative changes in the buffer zone, which occurred during the period 1990–2015 years of operation of NRC's enterprises, is given. Detailed analysis of vegetation organization has shown that the most transformed forest areas are directly adjacent to the enterprises from the leeward side. During the 25-year period of research, the area of primary forest fragments in the 500-meter zone of NRC impact has decreased by 2.6 times. Derivatives of small-leaved communities formed at the place of dead coniferous stands immediately after the commissioning of the plants are presented here. The technogenic press reduction in the 1990s resulted in the active demutation transformations of vegetation. Recently, there has also been a dominance of restoration processes, but the change of the main pine and spruce stands to derivatives continues, which is reflected in the prolonged decomposition of fragments of previously disturbed stands. The direction and rates of change of some plant groups by others depend on the initial state of plants, species and age structure of communities, conditions of their growth and environmental factors. In general, it is noted that forest ecosystems of the region have retained the ability to regenerate the composition and structure.

**Keywords:** forest vegetation, parcellar structure, transformation, dynamics trends, sanitary protection zone, technogenic impact, Novopolotsk Refinery Complex

**For citation:** Voznyachuk I. P., Molozhavski A. A., Sudnik A. V., Voznyachuk N. L. Main trends in the dynamics of forest plantations in the buffer zone of the Novopolotsk Refinery Complex (based on the results of a 25-year research). *Vestni Natsyonal'noi akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 30–42 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-30-42>

**Введение.** Важным компонентом урбанизированного природного комплекса Новополоцка является растительность санитарно-защитной зоны (далее – СЗЗ). Целью создания таких зон является установление защитного барьера между предприятием (группой предприятий) и территорией жилой застройки, обеспечивающего экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха, а также повышение комфортности микроклимата среды.

При этом леса СЗЗ принимают на себя главный удар всего комплекса негативного воздействия в результате функционирования промышленных предприятий. Помимо мощной техногенной нагрузки лесные экосистемы испытывают и другие виды антропогенного давления: разветвленная дорожная сеть, многочисленные линии электропередачи и продуктопроводов, промплощадки, свалки, очистные сооружения, мелиоративные и отводные каналы, карьеры, интенсивная рекреация, строительство гаражей, коттеджных и дачных поселков, биологическое загрязнение и т. п.

Степень воздействия на леса проявляется в выпадении отдельных видов, частичной или полной замене одних растительных сообществ другими, снижении их устойчивости, продуктивности, функциональной эффективности. В связи с этим для лесохозяйственного производства, рационального природопользования и обеспечения комфорта для города остаются актуальными вопросы усиления защитных свойств и сохранности оптимальной структуры лесных экосистем в буферных зонах промышленных предприятий.

Цель исследования – по результатам 25-летних мониторинговых наблюдений оценить состояние, степень нарушенности, скорость трансформации, характер и направленность сукцессионных процессов в зонах активного антропогенного воздействия (на примере лесов санитарно-защитной зоны Новополоцкого нефтепромышленного комплекса).

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводили с 1990 по 2015 г. в лесах буферной зоны, подверженных воздействию выбросов крупнейшего на севере Беларуси Новополоцкого промышленного комплекса, предприятия которого относятся к нефтеперерабатывающей (ПО «Полимир» и ПО «Нафтан»), микробиологической (завод белково-витаминных концентратов – БВК), топливно-энергетической (ТЭЦ) и другим отраслям промышленности. Новополоцкий нефтеперерабатывающий комплекс (далее – ННПК), относящийся к числу наиболее крупных промышленных центров Республики Беларусь, стабильно занимает лидирующие позиции по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Основными компонентами эмиссий являются диоксид серы, углеводороды, окислы азота, сажа, фенол, аммиак, пыль. Общий объем выбросов в период максимального уровня производства (1989–1990 гг.) превышал 150 000 тыс. т в год, с 1996 г. валовые выбросы сократились по сравнению с 1990 г. в 2,4 раза, снизившись к 2000 г. до 39 тыс. т в год. В последние 15 лет общий объем выбросов предприятий Новополоцка варьировался в пределах 47–80 тыс. т в год (рис. 1). Доля выбросов от завода БВК не превышала 0,5 тыс. т даже в год наибольших объемов выбросов (1991 г.).

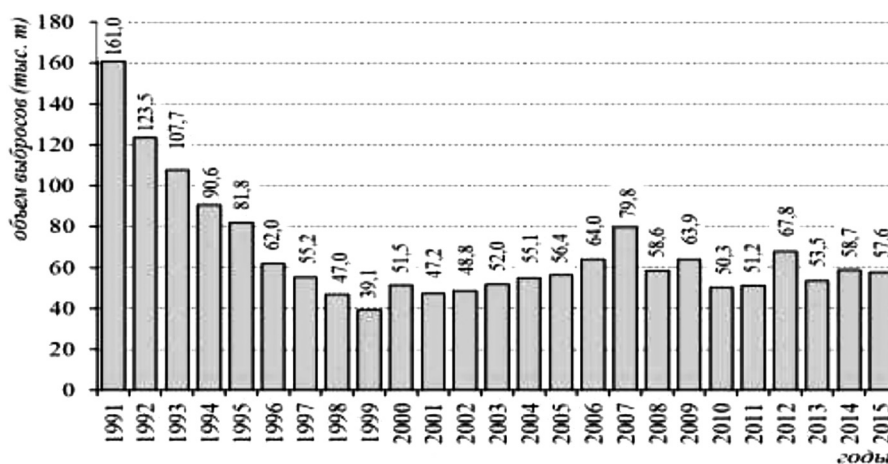


Рис. 1. Динамика промышленных выбросов в атмосферу г. Новополоцк (по данным Экологического бюллетеня «Состояние природной среды Беларуси» за 1990–2015 гг.)

Fig. 1. Dynamics of industrial emissions into the atmosphere of Novopolotsk city (according to the Environmental Bulletin “State of the Environment of Belarus” for 1990–2015)

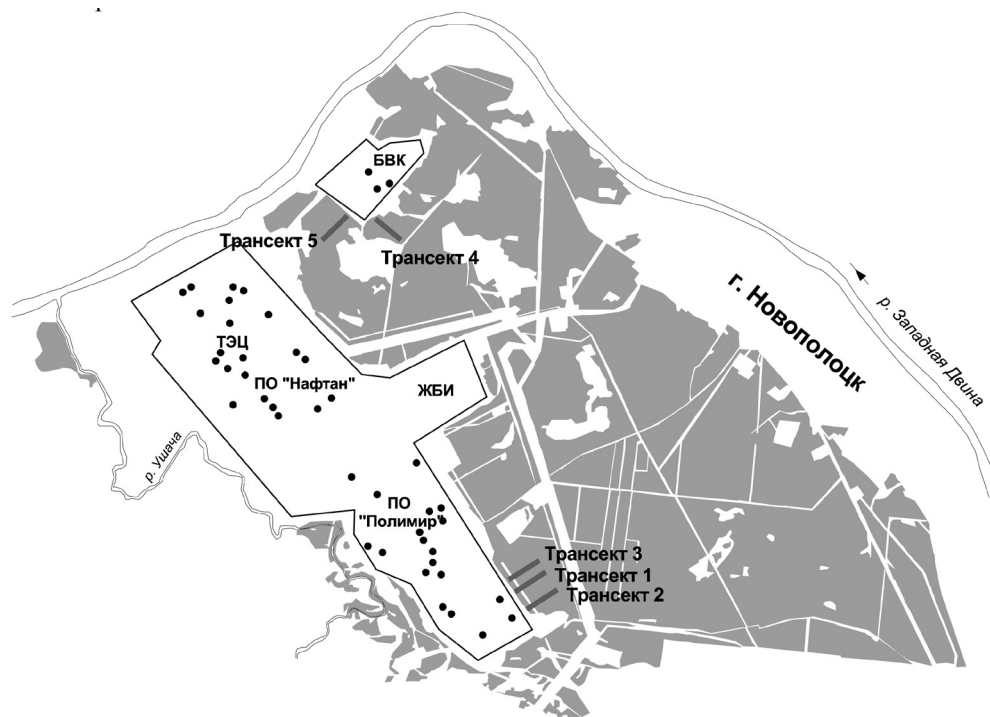


Рис. 2. Карта-схема расположения трансектов по отношению к предприятиям ННПК

Fig. 2. Map-scheme of transects location with reference to NRC enterprises

В зонах наиболее интенсивного загрязнения и высоких градиентов концентраций его компонентов (у ветроударных опушек вблизи от источников эмиссий) было заложено 5 ленточных пробных площадей (трансект) шириной 10 и длиной 500 м, сориентированных от опушек, примыкающих к промышленным объектам, в глубь лесного массива (рис. 2). Три трансекта (№ 1–3) расположены в зоне воздействия предприятий нефтехимического профиля (ПО «Полимир») с 20-летним сроком работы, трансекты 4 и 5 – в окрестности завода БВК с 17-летним сроком эксплуатации к моменту начала исследований. Последние испытывают также воздействие ПО «Нафтан» и ТЭЦ, расположенных на некотором удалении (1 км от конца трансектов), но обладающих более мощными и активными компонентами выбросов.

В основу исследований было положено детальное изучение изменений в видовом составе, структуре и функциях лесных сообществ, которое проводилось в соответствии с представлениями о парцеллярном сложении лесных фитоценозов с использованием классификаций динамических типов парцелл [1]. Исследование пространственной организации сообществ включало картирование лесной растительности методом фиксирования парцелл.

Парцелла рассматривается как структурная часть объемного членения лесной экосистемы и характеризуется определенным составом, строением, свойствами компонентов, спецификой их взаимосвязей и материально-энергетического обмена [2]. Парцеллы диагностируются по локальному составу доминантов всех ярусов фитоценоза (например, елово-березово-черничная) с соблюдением принципа «сверху вниз». Для понимания подхода к оценке динамических процессов в растительных сообществах приводим классификацию категорий динамического состояния парцелл [1].

**I. Коренные** – парцеллы, по облику и видовому составу доминантов типичные для климаксовых сообществ, характерных для конкретных местообитаний.

1. *Коренные* (собственно коренные) (К) – парцеллы, типичные по облику и видовому составу для климаксовых сообществ при ненарушенной структуре всех ярусов. Наиболее стабильный тип парцелл.

2. *Коренные нарушенные* (КН) – коренные парцеллы, в которых разрушен один из ярусов (как правило, древостоя) при неизменной структуре остальных. Неустойчивый, быстро переходящий в другие тип парцелл.

3. *Коренные трансформированные дигрессивные* (КТДг) – парцеллы, сохраняющие облик и отчасти видовой состав коренных, но с преобладанием дигрессивных процессов во всех ярусах растительности (как правило, на фоне повреждения древостоя коренной формации или загрязнения).

4. *Коренные трансформированные демутующие* (КТДм) – трансформированные коренные парцеллы, в которых преобладают процессы восстановления коренной структуры при сохранившемся (частично или полностью) древостое коренной формации.

**II. Производные** – парцеллы, утратившие облик и видовой состав коренных в результате разрушения или дигрессивных процессов под влиянием внешних воздействий.

5. *Производные дигрессивные* (ПДг) – производные парцеллы, в которых продолжаются процессы смены коренных видов видами производных и синантропных сообществ и деградации условий местообитания. Парцеллы с нестабильной, динамичной структурой.

6. *Производные демутующие* (ПДм) – производные парцеллы с преобладанием процессов восстановления коренного растительного комплекса (обычно при снятии или ослаблении внешней нагрузки). Эта группа, в свою очередь, подразделяется на 6.1 – *производные ранних стадий демутации* (ПрДм), 6.2 – *производные поздних стадий демутации* (ПпДм).

7. *Производные синантропные* (ПС) – растительные группировки синантропизированных участков (лесные дороги, канавы, свалки, загрязненные площади и др.), часто с сильно измененным эдафотопом. Устойчивы при сохранении неблагоприятного внешнего воздействия.

### III. Пионерные.

8. *Пионерные* (Пн) – растительные группировки, возникшие на участках с временно уничтоженной растительностью или на вновь возникших субстратах.

### IV. Субстраты.

9. *Субстраты* (СС) – обнаженные участки минеральных (ССм) или органических (СС) субстратов, лишенные растительности.

Картирование парцелл с 1990 по 2015 г. проводили на 5 трансектах с периодичностью в 5 лет.

**Результаты и их обсуждение.** Естественным при строительстве и функционировании промышленных предприятий является частичное уничтожение растительности. При этом система коммуникаций, особенно вблизи предприятий, не находится в статичном состоянии, а постоянно расширяется [3]. Такие вмешательства изменяют водный, воздушный, световой и другие режимы в фитоценозах, что влечет за собой перестройку растительных сообществ и в сочетании с техногенными нагрузками снижает устойчивость популяций отдельных видов растений и их сообществ [4–7].

Одним из важнейших этапов в исследовании лесов, подверженных масштабным антропогенным воздействиям, является интегральная оценка трендов динамики структуры и состояния лесов на уровне массива в целом. Анализ данных лесоустройства 1993 и 2005 гг. показал, что в лесах СЗЗ ННПК наблюдается активная смена коренных биогеоценозов на производные от них ассоциации, занимающие различное положение в динамических рядах деградации или восстановления коренных сообществ, а наиболее интенсивные процессы трансформации лесных фитоценозов характерны для зоны вдоль внешнего периметра предприятий (рис. 3). Антропогенное воздействие инициирует в лесах, расположенных в окрестностях предприятий ННПК, сукцессии различной направленности и интенсивности, определяя структуру, динамику и пространственное размещение растительности. Даже на фоне снижения уровня выбросов площади коренных лесов в регионе сократились на 12 % и увеличились пропорционально площади производных, что свидетельствует о продолжающейся смене коренных хвойных лесов на производные от них мелколиственные, более устойчивые к антропогенным воздействиям [8].

Оценка структуры лесных фитоценозов по периметру 500-метровой зоны вокруг предприятий ННПК показала, что здесь лесной покров представляет собой мозаику парцелл различного динамического статуса и генезиса. Общая картина распределения динамических категорий парцелл при удалении от опушек леса и в зависимости от мощности и технологии производств отражены на диаграммах, построенных на основе учета парцелл с 5-летним интервалом, что позволяет определить тренды динамики фитоценозов в период 25-летнего функционирования ННПК (рис. 4).

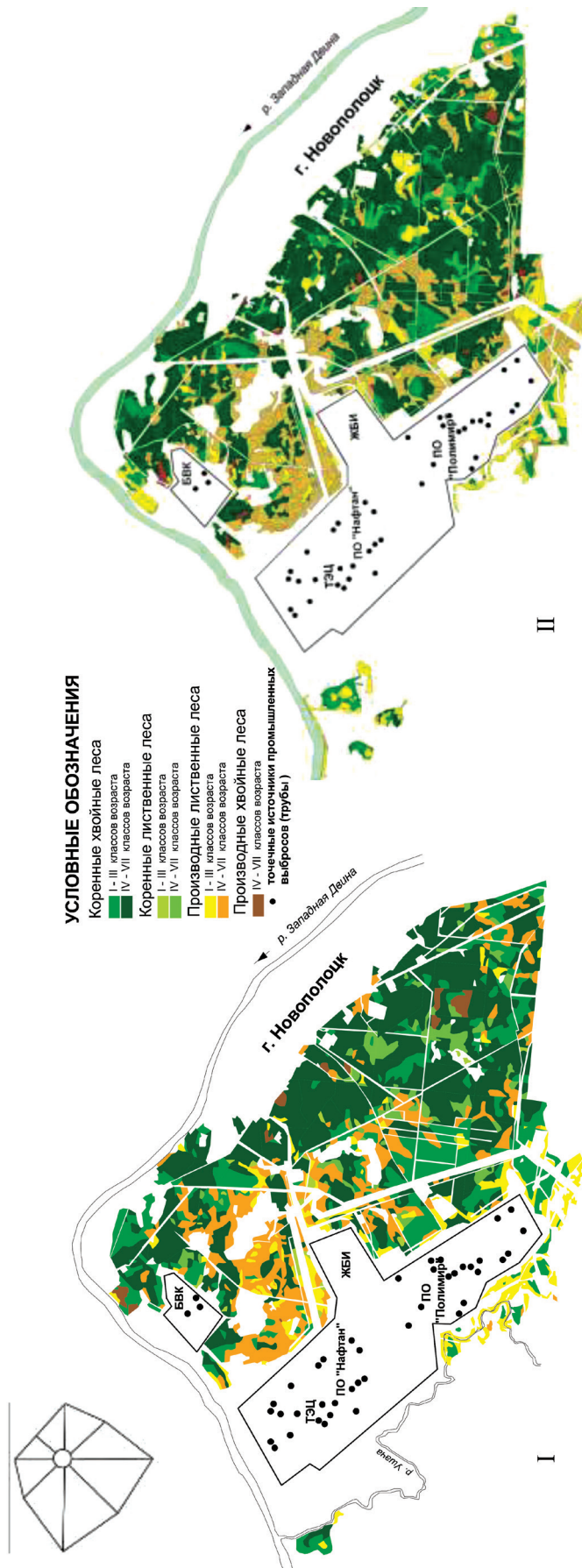


Рис. 3. Размещение лесов различного динамического статуса в буферной зоне НПЗК по материалам инвентаризации I (1993 г.) и II (2005 г.)  
 Fig. 3. Locations of different dynamic status forests in the buffer zone of Novopolotsk Refinery based on the inventory materials of I (1993) and II (2005)

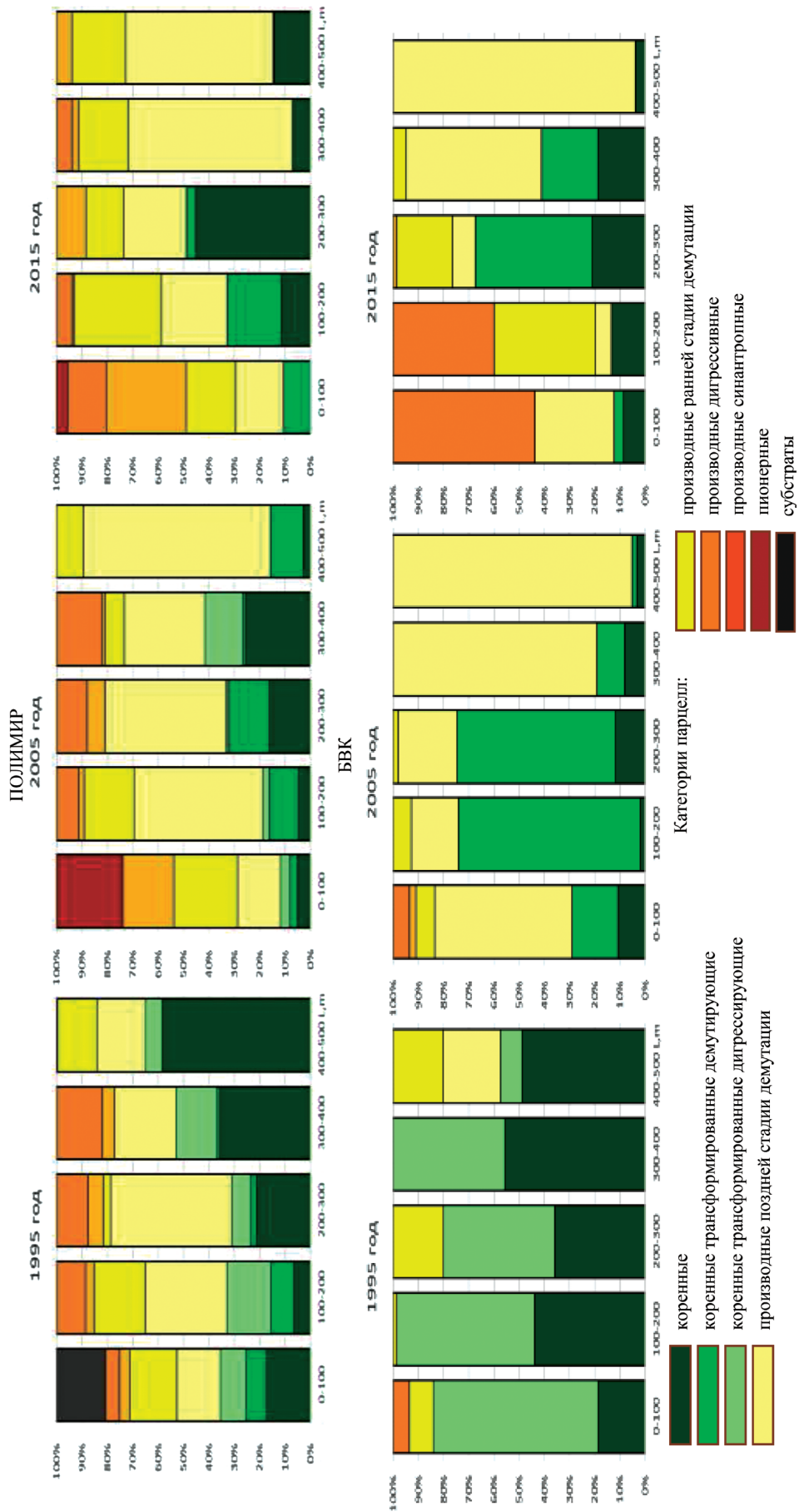


Рис. 4. Вклад различных динамических категорий парцелл в сложении лесных фитоценозов на разном удалении от опушек леса (L), %  
 Fig. 4. Different dynamic categories of parcels in the composition of forest phytocenoses on different from forest edges (L), %

Возле заводов нефтехимического профиля, запущенных раньше завода БВК и обладающих более активными компонентами выбросов, лесные сообщества преобразованы намного глубже. Здесь участие коренных парцелл к началу исследования составило 43,4 % и в зависимости от расстояния варьировалось от 35 % (на 100-метровом отрезке от опушки леса) до 65 % (на расстоянии 400–500 м). При этом на наиболее приближенных к заводам отрезках трансект доля собственно коренных парцелл составила 17 %: преобладают коренные трансформированные дигрессивные (10 %) и производные (45 %). С удалением от лесной опушки отмечается увеличение доли коренных парцелл, особенно на расстоянии 300–500 м. На наиболее удаленных участках вклад собственно коренных парцелл возрастает до 59 % и, соответственно, снижается доля парцелл дигрессивной сукцессии.

Что касается завода БВК, то здесь наблюдается иная картина. Расположенные тут лесные сообщества испытывают двухсторонний техногенный пресс. В связи с этим зависимости соотношения коренных и производных парцелл от расстояния в этом случае не прослеживается. Доля коренных парцелл значительно больше, чем на трансектах у предприятий ПО «Полимир», и составляет в среднем 84 %. Меньшая степень трансформированности коренной растительности у завода БВК объясняется значительно более низкой мощностью эмиссий этого предприятия. Большая деградация сообществ на более удаленном отрезке, является результатом влияния предприятий ПО «Нафтан» и ТЭЦ, объемы выбросов которых значительно превышают мощности завода БВК. Кроме того, воздействие эмиссий этих предприятий на удаленные от завода БВК участки оказывалось еще до пуска последнего.

Анализ соотношения различных динамических категорий парцелл в сложении лесных фитоценозов за 25-летний период показал, что на всех трансектах, независимо от расстояния и расположения, значительно сократилась доля всех категорий коренных парцелл (рис. 4, 5). Так, к 2005 г. участие парцелл, сохраняющих облик и отчасти видовой состав коренных, уменьшилось почти в 2 раза и составило 40,4 % в районе воздействия БВК и 24,2 % в окрестности ПО «Полимир» с наибольшим сокращением их доли в непосредственной близости от источников промышленных эмиссий.

До 2005 г. на фоне сокращения объемов выбросов отмечалось преобладание восстановительных процессов независимо от расстояния до источников выбросов, вклад дигрессирующих коренных и производных парцелл существенно сократился. Если в 1990 г. на трансектах у завода БВК присутствие парцелл коренной дигрессивной группы составляло 36–50 %, в 1995 г. – 24–44 %, то к 2000 г. – всего 3–12 % (в зависимости от расстояния). В окрестности ПО «Полимир», соответственно, в 1990 г. – 16–49 %, в 1995 г. – 7–16, к 2000 г. – 0–8 %. Такая же зависимость в динамике наблюдается и в отношении производных дигрессивных парцелл, присутствие которых к 2000 г. сохранилось лишь у опушек леса и на участках, подвергнутых прямому антропогенному воздействию (тропы, дороги, каналы).

Демутационные процессы на значительной территории сопровождались распадом полога малины (*Rubus idaeus*), формированием покрова из коренных трав и кустарничков. Широкое распространение получили микрогруппировки с доминированием майника двулистного (*Majanthemum bifolium*) и седмичника европейского (*Trientalis europaea*), особенно на трансектах 1, 2 и 5, где в большей степени сохранились коренные ассоциации ельников. Кроме того, на значительной части площадей наблюдалось массовое подселение подроста ели в сочетании с активным возобновлением мелколиственных пород и формированием подлеска из рябины (*Sorbus aucuparia*) и крушины (*Frangula alnus*). На некоторых участках отмечалось восстановление коренной растительности путем формирования елового древесного яруса из групп подроста в «окнах», а также за счет уменьшения площади «окон» в результате разрастания крон деревьев по периметру и включения части площади в приграничные парцеллы с развитым пологом древостоя. Даже вдоль опушек линии обводного канала отмечено активное восстановление лесной растительности: со стороны дороги – мелколиственными породами из осины (*Populus tremula*) и ольхи серой (*Alnus incana*), со стороны леса – из березы повислой (*Betula pendula*) и сосны (*Pinus sylvestris*).

Исследуемые ассоциации буферной зоны ННПК отличает высокая видовая насыщенность нижних ярусов растительности, что свидетельствует о сложной дифференциации лесных ценозов

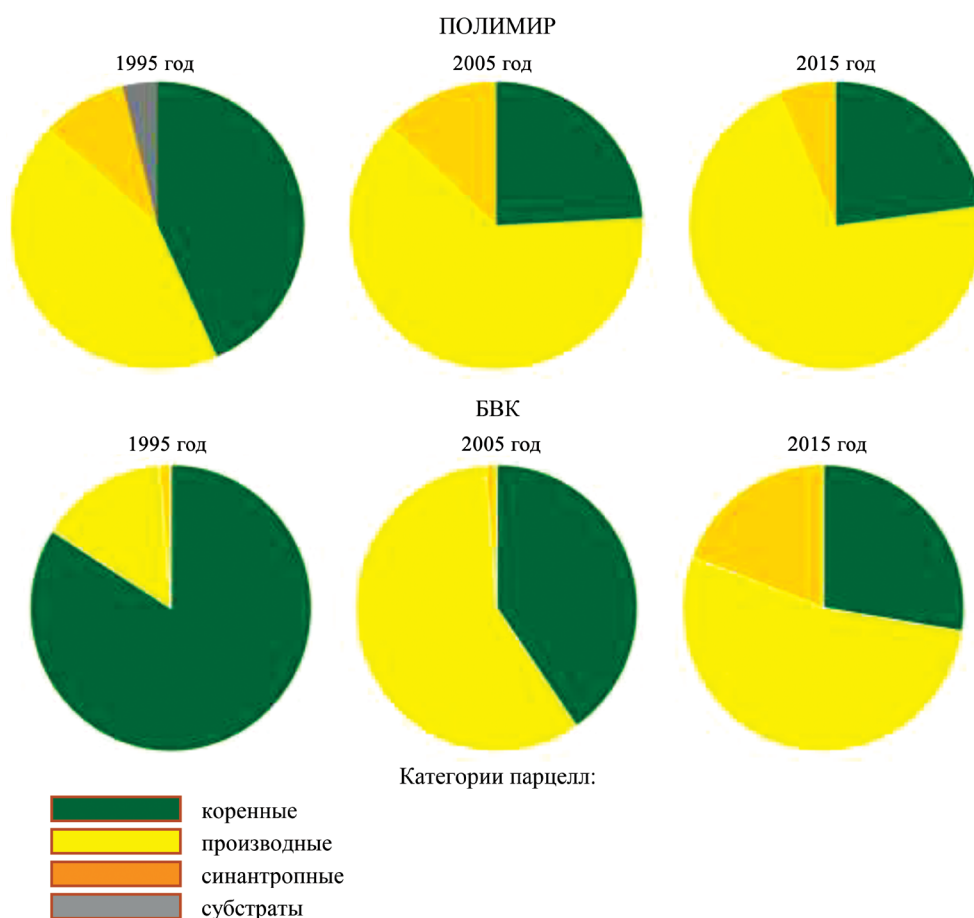


Рис. 5. Вклад различных категорий парцелл в сложении лесных фитоценозов у завода «Полимир» и БВК в период 1995–2015 гг., %

Fig. 5. Different categories of parcels in the composition of forest phytocenoses at the Polimir and BVK Plants in the period 1995–2015, %

этой территории. И чем больше степень их нарушенности, тем шире представлены различные по экологии виды в напочвенном покрове за счет инвазии растений, не характерных для данных мест обитания. При этом трансформация естественной растительности сводится в основном к увеличению доли проективного покрытия нитрофильных видов и в первую очередь малины, которая встречается во всех ассоциациях. Исключение составляет ассоциация сосняка сфагново-черничного, трансформация которого выражается в увеличении доли тростника обыкновенного (*Phragmites australis*). Кроме того, в результате нарушенности сообществ напочвенный покров обогатился видами, довольно обычными для процессов, сопровождающих различного рода несплошные рубки леса, строительство дорог и других коммуникаций в лесу, а также зарастание участков с уничтоженной лесной растительностью: полынью обыкновенной (*Artemisia vulgaris*), звездчаткой средней (*Stellaria media*), пикульником обыкновенным (*Galeopsis tetrahit*), луговиком дернистым (*Deschampsia cespitosa*), донником белым (*Melilotus albus*), лютиком ползучим (*Ranunculus repens*), осотом полевым (*Sonchus arvensis*), пижмой обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) и др.

В некоторых сообществах мозаичность структурной организации напочвенного покрова осложняется и обогащается видами, связанными с элементами ветровально-почвенного комплекса (ветровальными буграми с группой опушечных видов, западинами с доминированием пионерных видов), повышениями и понижениями микрорельефа: проточными депрессиями, с которыми связаны неморальные виды, и приствольными повышениями с приуроченной к ним бореальной группой видов. Участие этих видов напочвенного покрова определяется пространственной структурой нарушений и выраженностью микрорельефа и в зависимости от степени присутствия того или иного фактора может значительно менять соотношение видов различных фитоценологических групп.



По мере прохождения сукцессии видовая насыщенность живого напочвенного покрова сначала увеличивается, достигая максимальной численности в производных ассоциациях с признаками демутиационных процессов, где создаются благоприятные условия для сосуществования растений, принадлежащих к разным экологическим спектрам, а затем падает. В производных ассоциациях с признаками деградации выявлена тенденция к сокращению количества видов лесной и лесолуговой групп при значительном увеличении доли луговой и сорной. При этом наблюдается общее ослабление доминирования отдельных лесных видов. Участие лесных видов в сложении антропогенно-трансформированных участков определяется, как правило, степенью, сроками, масштабом и видом (канал, канава, дорога, тропа) антропогенной нагрузки на данный участок, исходным типом леса и видовым составом примыкающих сообществ [9].

Основу большинства описанных трансформаций составляют так называемый опушечный эффект и прямой антропопрессинг, связанный с функционированием прилегающих предприятий. В результате здесь образовалась сеть лесных дорог, тропинок и канав, занимающая от 0,2 до 4,2 % от площади трансектов, и территория, сформированная в результате строительства обводного канала – 8,9–14,5 %. Общая трансформированная площадь составляет 7,5 % от площади трансектов.

В целом такая тенденция отмечена и в последующий период наблюдений 2005–2015 гг. на фоне незначительного увеличения объемов выбросов (см. рис. 4, 5). К 2015 г. значительную долю составляют парцеллы с участием елового подроста (производные поздней стадии демутации). Однако при общем фоне восстановительных процессов на значительной части площадей идет интенсивный процесс разрушения коренных группировок растительности, распространившийся в глубь лесного массива на 500 м.

Прерывание процесса формирования коренной структуры растительности и возвращение ее на более ранние стадии демутиационного цикла происходит чаще всего именно через образование «окон». Если доля «окон» с 1990 по 2005 г. увеличилась у ПО «Полимир» на 11,1 %, у завода БВК – на 13,0 %, то к 2015 г. их доля в сложении фитоценозов увеличилась еще на 1,1 и 5,8 % соответственно и составила у ПО «Полимир» 23,4 % от площади трансекта, у завода БВК – 23,1 % (табл. 1).

Анализ отпада деревьев по численности и запасу показал, что в 500-метровой зоне имел место повышенный отпад [10]. И хотя основная масса отпада пришлась на тонкомерные особи, в ряде обследованных сообществ отмечено усыхание деревьев из господствующего полога (как правило, в сосняках и ельниках), что является следствием пониженной устойчивости высоковозрастных хвойных древостоев к неблагоприятному экзогенному воздействию.

Уменьшение площади коренных парцелл на протяжении всей длины трансектов, лесная растительность которых формируется в условиях относительно мягкого в сравнении с 1980-ми годами воздействия выбросов, скорее всего, является результатом последствий комплексного негативного воздействия. С одной стороны, происходит «отдаленная» реакция древостоя на постепенное ухудшение состояния среды из-за техногенного воздействия, в результате чего понижается устойчивость древесного яруса, с другой стороны, накладываются аномальные погодноклиматические условия (засухи 1994–1997, 1999, 2002, 2007, 2015 гг., ураганные ветры, снеголомы) и повышается вероятность гибели деревьев. В работе А. В. Пугачевского [11] отмечается, что высокая роль экстремальных воздействий экзогенного происхождения может стать причиной массового (вплоть до тотального) отпада взрослых елей и, как следствие, существенных дигрессивно-демутиационных сукцессий.

Утрата древостоем эдификаторной роли, как правило, ведет к распаду системы фитоценологических связей в лесных сообществах, к разрушению и замене растительных группировок нижних ярусов другими, обладающими иной фитоценотической организацией и адаптированными к новой обстановке. С 2005 г. даже в условиях ослабленной конкуренции со стороны древостоя пионерные и производные дигрессирующие парцеллы с доминированием синантропных и нитрофильных компонентов составляли незначительную долю в организации «окон». Чаще на месте разрушающихся коренных парцелл формировались производные парцеллы ранних или даже поздних стадий демутации (елово-черничная, елово-майниково-кисличная, рябино-елово-черничная и т. д.). Таким образом, динамика парцелл сразу возвращалась в русло демутиационного процесса, минуя фазы пионерных группировок. Дигрессивные процессы наиболее выражены на участках со значительными размерами «окон» и несформированным ярусом подроста.

Т а б л и ц а 1. Доля «окон» в сложении фитоценозов на трансектах и вклад парцелл различного динамического статуса в «окнах»

Table 1. Percentage of gaps in the composition of phytocenoses on transects and the contribution of parcels of different dynamic status in gaps

№ трансекта	Динамический статус парцелл в «окнах»	Доля «окон» от общей площади трансекта, %					
		1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.
1	ПД	2,1	2,8	2,3	0,9	2,7	10,2
	ПРДм	0,4	0,4	4,4	12,0	0,9	3,4
	ППДм	0,1	1,6	7,1	4,3	21,9	16,7
	КН	–	–	–	–	2,7	–
	Итого	<b>2,7</b>	<b>4,9</b>	<b>13,8</b>	<b>17,2</b>	<b>28,2</b>	<b>30,2</b>
2	ПД	12,0	6,6	4,6	9,1	1,5	Не оценивалась
	ПРДм	2,7	6,5	4,7	4,5	5,1	
	ППДм	–	1,0	5,5	5,4	13,9	
	Итого	<b>14,7</b>	<b>14,1</b>	<b>14,8</b>	<b>19,0</b>	<b>20,5</b>	
3	КН	–	–	–	1,5	0,4	–
	ПД	–	–	–	1,7	3,6	5,8
	ПРДм	–	–	–	0,4	–	5,6
	ППДм	–	2,4	1,5	11,0	14,3	5,2
	Итого	–	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>14,6</b>	<b>18,3</b>	<b>16,6</b>
	Итого у завода «Полимир»	<b>5,8</b>	<b>7,1</b>	<b>10,0</b>	<b>16,9</b>	<b>22,3</b>	<b>23,4</b>
4	КН	–	–	–	1,0	–	Не оценивалась
	ПД	2,8	1,3	3,1	4,0	7,7	
	ПРДм	13,6	6,5	14,0	3,4	5,1	
	ППДм	0,7	2,4	5,2	10,5	16,8	
	Итого	<b>17,1</b>	<b>10,2</b>	<b>22,3</b>	<b>18,9</b>	<b>29,6</b>	
5	ПД	–	–	–	0,5	1,3	0,3
	ПРДм	–	–	4,3	1,5	3,8	12,8
	ППДм	–	–	8,1	22,3	14,0	10,1
	Итого	–	–	<b>12,4</b>	<b>24,3</b>	<b>19,2</b>	<b>23,1</b>
	Итого у завода БВК	<b>8,6</b>	<b>5,1</b>	<b>17,4</b>	<b>21,6</b>	<b>24,4</b>	

П р и м е ч а н и е. Статус парцелл: ПД – производные дигрессирующие, КН – коренные нарушенные, ПРДм – производные ранних стадий демуляции, ППДм – производные поздних стадий демуляции.

Сохранность парцеллярной структуры в сложении трансектов, развивающихся в одинаковых условиях техногенного влияния, различно в силу генетических особенностей, разного возраста и степени трансформированности леса в недавнем прошлом. Для анализа этих процессов данные были сгруппированы по участкам леса, развивающимся на базе одинаковых лесных формаций. Деграляция сообществ в форме распада древесного яруса более выражена в хвойных насаждениях (табл. 2). В насаждениях мелколиственных пород отпад древесных пород из основного полога происходит также за счет сосны, ели и частично березы повислой.

Т а б л и ц а 2. Распределение площади «окон» в сложении лесных формаций на трансектах за период 1990–2015 гг., %

Table 2. Distribution of gaps in the composition of forest formations on transects over the period of 1990–2015, %

Год	Формация					
	ельников	сосняков	березняков	осинников	сероольшаников	черноольшаников
1990	7,6	16,9	5,0	0,0	4,8	0,0
1995	10,7	9,6	6,0	0,0	0,0	12,3
2000	19,4	18,8	11,6	0,0	0,0	9,0
2005	42,1	25,4	12,2	4,6	0,5	0,0
2010	29,3	21,2	16,1	17,0	3,9	6,8
2015	28,6	19,7	15,8	16,9	4,0	–

К 2015 г. разрушение коренных парцелл в той или иной степени коснулось практически всех ассоциаций и увеличилось главным образом за счет тех участков, которые до этого периода проявляли устойчивость. Но по-прежнему значительные площади «окон» образовывались за счет высоковозрастных ельников. Так, доля «окон» в сложении ельников к 2015 г. составила: в молиниевочно-черничной – 59 % от площади ассоциации, в березово-майничково-черничной – 45, в березово-чернично-кисличной – 41, в чернично-кисличной – 39, в малинового-кисличной – 35, в березово-черничной – 17 %. В меньшей степени формирование новых «окон» отмечено в производных березняках, осинниках и сероольшаниках. Эти сообщества представлены производными парцеллами, среди которых велика доля парцелл поздних стадий демутиации с господством ели в подросте и/или во втором ярусе древостоя.

### Выводы

По результатам 25-летнего мониторинга лесов буферной зоны ННПК следует отметить следующее:

1. Антропогенное (техногенное) воздействие на лесные биогеоценозы вокруг предприятий ННПК вызывает существенную перестройку фитоценотической организации растительных сообществ, обуславливая изменения их структуры и пространственного распределения. Направленность и темпы смены одних растительных группировок другими зависят от исходного состояния растений, видовой и возрастной структуры сообществ, различий в условиях их произрастания и своеобразия факторов окружающей среды, а также от состава, концентрации и продолжительности действия эмиссий, выбрасываемых в атмосферу.

2. Дигрессивно-демутационные процессы напоминают ход сукцессий, имеющих место в нарушенных природных лесах. Результатом антропогенного воздействия является увеличение скорости элементарных процессов смены одних компонентов растительности другими, что выражается в увеличении мелкоконтурности парцелл и отражается на соотношении парцелл различного динамического статуса и генезиса в сложении исследуемых ассоциаций, как правило, в сторону увеличения производных.

3. За 25-летний период площадь коренных фрагментов лесов в 500-метровой зоне воздействия ННПК сократилась в 2,6 раза. Отмечается смена коренных сосняков и ельников на производные в результате пролонгированного распада фрагментов расстроенных ранее древостоев, что является отдаленной реакцией на продолжительное техногенное воздействие и высокую частоту экстремальных погодноклиматических ситуаций (засухи, ураганные ветры, снеголомы, экстремальные летние и зимние температуры) в последние десятилетия. Отклик растительности на снижение в 1990-е годы техногенного пресса проявился в активных демутиационных преобразованиях нижних ярусов, которые имели место вплоть до 2015 г., что свидетельствует о сохранности потенциала лесных экосистем к регенерации состава и структуры.

### Список использованных источников

1. Трансфармацыя лясной расліннасці ў буфернай зоне Наваполацкага прамысловага комплексу / А. І. Лучкоў [і інш.] // Вес. АН Беларусі. Сер. біял. навук. – 1995. – № 3. – С. 13–14.
2. Дылис, Н. В. Основы биогеоценологии / Н. В. Дылис. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 151 с.
3. Ефимова, О. Е. Опыт оценки динамики земельного фонда и природной растительности на основе анализа картографической информации (на примере Новополоцкого промышленного комплекса) / О. Е. Ефимова, А. В. Пугачевский // Маніторынг і ацэнка стану расліннага покрыва : матэрыялы Міжнар. навук.-практ. канф., 28–31 кастр. 2003 г. / НАН Беларусі [і інш.]. – Минск, 2003. – С. 53–55.
4. Состояние растительности и характеристика трендов сукцессионной динамики лесных фитоценозов в условиях техногенной среды / И. П. Вознячук [и др.] // Маніторынг і ацэнка стану расліннага покрыва : матэрыялы Міжнар. навук.-практ. канф., 28–31 кастр. 2003 г. / НАН Беларусі [і інш.]. – Минск, 2003. – С. 117–119.
5. Вознячук, И. П. Структура и динамика нижних ярусов лесной растительности в условиях интенсивного техногенного воздействия (на примере Новополоцкого промрайона) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05, 03.00.16 / И. П. Вознячук ; ГНУ«ИЭБ НАНБ». – Минск, 2005. – 23 с.
6. Динамика состояния и загрязнения лесов в зоне воздействия Новополоцкого нефтепромышленного комплекса в 1992–2007 гг. / А. В. Судник [и др.] // Маніторынг і ацэнка стану расліннага покрыва : матэрыялы Міжнар. навук.

канф., прысв. 80-годдзю НАН Беларусі (Мінск – Нарач, 22–26 верас. 2008 г.) / НАН Беларусі [і інш.]. – Мінск, 2008. – С. 359–361.

7. Вознячук, И. П. Изменение видовой насыщенности живого напочвенного покрова при различном световом режиме под пологом леса в условиях антропогенного воздействия / И. П. Вознячук, Н. Л. Вознячук, А. В. Судник // Природ. ресурсы. – 2005. – № 4. – С. 119–123.

8. Вознячук, И. П. Структурно-динамические признаки современного состояния лесного массива по отношению к Новополоцкому промышленному центру / И. П. Вознячук, Н. Л. Вознячук // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лес. хоз-во. – 2009. – Вып. 17. – С. 250–254.

9. Особенности формирования видового состава нижних ярусов растительности по мере прохождения сукцессий лесных сообществ в условиях интенсивного антропогенного воздействия / И. П. Вознячук [и др.] // Вест. НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2007. – № 1. – С. 22–27.

10. Моложавский, А. А. Состояние и особенности формирования древостоев в условиях интенсивного антропогенного воздействия (на примере Новополоцкого промрайона) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / А. А. Моложавский. – Минск, 2002. – 258 л.

11. Пугачевский, А. В. Ценопопуляции ели: структура, динамика, факторы регуляции / А. В. Пугачевский. – Минск : Навука і тэхніка, 1992. – 206 с.

## References

1. Luchkou A. I., Pugachevskii A. V., Vasil'kevich I. G., Voznyachuk I. P. Transformation of forest vegetation in the buffer zone of the Novopolotsk refinery complex. *Vestsi Akademii navuk Belarusi. Seriya biyalagichnykh navuk* [Proceedings of the Academy of Sciences of Belarus. Biological series], 1995, no. 3, pp. 13–14 (in Belarusian).

2. Dilis N. V. *Fundamentals of biogeocenology*. Moscow, Moscow State University Publishing House, 1978. 151 p. (in Russian).

3. Efimova O. E., Pugachevskii A. V. Experience in estimation of the land fund and natural vegetation dynamics on the basis of cartographic information analysis (on the example of the Novopolotsk industrial complex. *Manitoryng i atsenka stanu raslinnaga pokryva: materyaly Mizhnarodnai navukova-praktychnai kanferentsyi (Minsk, 28–31 kastychnika 2003 goda)* [Monitoring i evaluation of vegetation: Proceedings of the International scientific-practical conference (Minsk, 28–31 October 2003)]. Minsk, 2003, pp. 53–55 (in Russian).

4. Voznyachuk I. P., Voznyachuk N. L., Molozhavsckii A. A., Pugachevskii A. V. Vegetation state and characteristic of successional dynamics of forest phytocenoses in technogenic environment. *Manitoryng i atsenka stanu raslinnaga pokryva: materyaly Mizhnarodnai navukova-praktychnai kanferentsyi (Minsk, 28–31 kastychnika 2003 goda)* [Monitoring i evaluation of vegetation: Proceedings of the International scientific-practical conference (Minsk, 28–31 October 2003)]. Minsk, 2003, pp. 117–119 (in Russian).

5. Voznyachuk I. P. *Structure and dynamics of the lower storeys of forest vegetation under intensive anthropogenic impact (on the example of Novopolotsk industrial district)*. Abstract of Ph. D. diss. Minsk, 2005. 23 p. (in Russian).

6. Sudnik A. V., Voznyachuk I. P., Molozhavsckii A. A., Pugachevskii A. V., Vershetskaya I. N. Dynamics of the state and pollution of forests in the impact zone of the Novopolotsk refinery complex in 1992–2007. *Manitoryng i atsenka stanu raslinnaga svetu: materyaly Mizhnarodnai navukovai kanferentsyi, prysvechanai 80-goddzyu Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi (Minsk – Narach, 22–26 verasnya 2008 goda)* [Vegetation monitoring and assessment: Materials of the International scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk – Narach, 22–26 September 2008)]. Minsk, 2008, pp. 359–361 (in Russian).

7. Voznyachuk I. P., Voznyachuk N. L., Sudnik A. V. Changes in the species saturation of living soil cover with different light conditions under forest canopy with anthropogenic impact. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2005, no. 4, pp. 119–123 (in Russian).

8. Voznyachuk I. P., Voznyachuk N. L. Structural-dynamic characteristics of current state of the forests of the Novopolotsk industrial center. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 1. Lesnoe khozyaistvo* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 1. Forestry], 2009, iss. 17, pp. 250–254 (in Russian).

9. Voznyachuk I. P., Dmitrieva S. A., Ermolenkova G. V., Davidchik T. O. Peculiarities of formation of the species composition of the vegetation understory in the process of succession of forest communities under the intensive anthropogenic impact. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2007, no. 1, pp. 22–27 (in Russian).

10. Molozhavsckii A. A. *State and peculiarities of forest stand under intensive anthropogenic impact (on the example of Novopolotsk industrial district)*. Ph. D. diss. Minsk, 2002. 258 p. (in Russian).

11. Pugachevskii A. V. *Cenopopulation of spruce: structure, dynamics, factors of regulation*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1992. 206 p. (in Russian).

## Информация об авторах

Вознячук Ирина Петровна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларусі (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ipv@tut.by

## Information about the authors

Irina P. Voznyachuk – D. Sc. (Biol.), Leading researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaja Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ipv@tut.by

*Моложавский Анатолий Александрович* – канд. биол. наук, заместитель председателя. Белорусское общество охотников и рыболовов (пер. Калинина, 16, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: malazhavskiaa@mail.ru

*Судник Александр Владимирович* – канд. биол. наук, заведующий сектором. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: asudnik@tut.by

*Вознячук Николай Леонидович* – науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nlv@tut.by

*Anatoli A. Malazhavski* – D. Sc. (Biol.), Vice-chairman. Belarusian Society of Hunters and Fishermen (16, Kalinin lane, 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: malazhavskiaa@mail.ru

*Aliaksandr V. Sudnik* – D. Sc. (Biol.), Head of the Sector. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaja Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: asudnik@tut.by

*Nikolai L. Voznyachuk* – Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaja Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nlv@tut.by