

ISSN: 2219-8229
E-ISSN: 2224-0136
Founder: Academic Publishing House *Researcher*
DOI: 10.13187/issn.2219-8229
Has been issued since 2010.



European Researcher. International Multidisciplinary Journal

UDC 504.06 (470.3)

Methodical Aspects of Comprehensive Biomonitoring

¹Alexander A. Notov
²Svetlana M. Dementieva
³Alexandra F. Meysurova

¹⁻³Tver State University, Russian Federation

170100 Tver, Zhelyabova, 33

¹ Dr. (Biological), Professor

E-mail: anotov@mail.ru

² PhD (Biological), Professor

E-mail: dementeva1948@mail.ru

³ PhD (Biological)

E-mail: alexandrauraz@mail.ru

Abstract. On the basis of analysis of monitoring surveys conducted in the upper Volga region, discusses the methodical aspects of biomonitoring. To increase the efficiency of observation appropriate to the traditional floristic and geobotanical approaches complement physico-chemical methods, should be more widely used of FTIR spectral analysis of lichens. Special research is required invasive species and indicator species of indigenous old-growth forest communities.

Keywords: monitoring; biomonitoring; biodiversity conservation; upper Volga; FTIR spectroscopy analysis of lichens; indicator species; biological invasions.

Введение. В связи с высокими темпами деградации растительного покрова сохранение биоразнообразия становится одной из наиболее важных проблем современности, степень актуальности которой ежегодно повышается [1, 2]. Ее решение невозможно без организации комплексного биомониторинга экосистем, позволяющего давать объективную оценку состояния живых систем разного уровня и своевременно выявлять тенденции их трансформации. В этой связи особое значение приобретает поиск методов и подходов, расширяющих спектр параметров, используемых для характеристики состояния биосистем, повышающих прогностическую ценность получаемых данных [1, 3].

В этом направлении уже получены значимые результаты. В Европе возрастает интерес к изучению индикаторных видов биологически ценных лесных фитоценозов, которые приурочены к малонарушенным и старовозрастным коренным сообществам [4–6]. В рамках совместного шведско-российского проекта на примере Северо-Запада Европейской России (Псковская, Новгородская, Ленинградская области и Республика Карелия) выявлен видовой состав таких индикаторных видов, дана их эколого-фитоценотическая характеристика, оценена возможность использования данных об их встречаемости для определения биологической ценности лесных фитоценозов [6]. В качестве серьезной угрозы региональному биоразнообразию стали рассматривать биологические инвазии [7–10]. Осознана необходимость поиска эффективных подходов к оценке характера воздействия инвазионных видов на природные экосистемы, прогнозированию динамики их распространения [7]. Обсуждается актуальность реализации специальных программ,

направленных на снижение наносимого ими ущерба. В дополнение к традиционным способам оценки состояния природных экосистем стали использовать физико-химические методы исследования биологических объектов, дающие интегральную оценку уровня антропогенного загрязнения окружающей среды и характера его воздействия на живые объекты. Среди таких методов Фурье-ИК спектральный анализ индикаторных лишайников [11].

Однако для более широкого применения предложенных подходов необходима разработка и реализация моделей мониторинга с их использованием. Методические основы их включения в программы биомониторинга пока еще не разработаны. Актуален анализ имеющегося опыта их внедрения на примере модельных регионов. В этом отношении интересна территория Верхневолжья, включающая центральную часть Каспийско-Балтийского водораздела, который представляет один из крупнейших гидроузлов Восточной Европы. Здесь встречаются ландшафты, уникальные в геоморфологическом и ботанико-географическом отношении [12], поэтому анализ деятельности по реализации программы комплексного биомониторинга экосистем Верхневолжья [12–30] имеет методическое значение.

Материалы и методы. На подготовительном этапе сотрудниками биологического факультета Тверского университета осуществлена инвентаризация биоты Верхневолжья, которая с 90-х гг. XX в. приобрела комплексный характер. Проведенные исследования позволили оценить уровень видового богатства и уникальности разных компонентов флоры и природных экосистем Каспийско-Балтийского водораздела, выявить редкие и уязвимые виды [18–21, 24, 27–29 и др.]. Полученные материалы стали основой для разработки модели комплексного биомониторинга.

В 2002 г. традиционные флористические и геоботанические исследования были дополнены деятельностью по оценке состояния атмосферы промышленных районов, расположенных на территории Верхневолжья. Использован новый подход с применением Фурье-ИК спектрального анализа индикаторных видов лишайников [11, 16, 17, 30 и др.].

В 2010 г. обобщены данные об инвазионных видах Тверского региона, создана Черная книга Тверской области [7]. Организован мониторинг инвазионной и адвентивной фракций флоры. В этот же период начато специальное изучение индикаторного компонента старовозрастных коренных лесных сообществ по методике, разработанной в Северо-Западной России в рамках совместного шведско-российского проекта [6]. Нами проведен анализ индикаторного компонента в ЦЛГПБЗ, национальном парке «Завидово» и в некоторых районах Тверской области [25, 26, 29 и др.]. Использованы возможности ГИС-баз и технологий [25, 31].

В настоящее время реализуется программа комплексного биомониторинга Верхневолжья с применением разных подходов и методов [14, 15, 22, 23]. Разработана модель многоуровневого мониторинга [23].

Результаты и обсуждение. Комплексный характер функционирующей модели биомониторинга Верхневолжья [15, 22] определяет включение нескольких сопряженных программ, контролирующих разные направления анализа экосистем [22]. Они обеспечивают инвентаризацию биоразнообразия, оценку активности инвазионной фракции флоры, контроль состояния индикаторного компонента биологически ценных лесных сообществ, интегральный анализ уровня загрязнения атмосферы с помощью Фурье-ИК спектрального анализа лишайников. Соотнесение получаемых данных позволяет выявлять основные тенденции динамики состояния биологических систем разного уровня. Среди них популяции, синузии, фитоценозы, флора и растительность природных комплексов, флора и растительный покров региона в целом [23]. При этом учитываются основные группы факторов, способствующие трансформации биосистем, прежде всего загрязнение окружающей среды, нарушение и фрагментация природных сообществ, биологические инвазии.

Инвентаризация биоразнообразия охватывает природные комплексы и территории разного масштаба. Большая детализация необходима на особо охраняемых природных территориях и в антропогенно трансформированных районах. ООПТ выступают в качестве эталонов региональных природных экосистем и более полно представляют охраняемый компонент биоразнообразия. Антропогенно трансформированные ландшафты

концентрируют представителей адвентивной флоры, которые постепенно пополняют инвазионную фракцию. В ходе подготовительного этапа специальное внимание было уделено комплексному обследованию наиболее крупных ООПТ Верхневолжья. Среди них Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник (ЦЛГПБЗ) и национальный парк «Завидово». Выявлен видовой состав сосудистых растений, мхов, печеночников и лишайников национального парка, выяснены особенности экологии и распространения видов [19]. Проведены дополнительные флористические исследования в ЦЛГПБЗ, которые расширили представления об основных компонентах биоразнообразия этой территории [19, 21, 25, 26, 28, 29, 32].

Существенно дополняет деятельность по инвентаризации биоразнообразия анализ индикаторных видов биологически ценных лесных сообществ [6, 33]. В сочетании с традиционными флористическими и геоботаническими исследованиями на охраняемых природных территориях он позволяет оценить состояние и степень устойчивости наиболее уязвимых компонентов фитоценозов. Специальные исследования, проведенные нами в пределах национального парка «Завидово» и ЦЛГПБЗ, способствовали уточнению видового состава индикаторных видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников [25, 26, 29]. С использованием ГИС-технологий созданы базы данных, позволяющие осуществлять многоуровневый биомониторинг индикаторного компонента. Детальное картирование местонахождений с учетом данных о структуре растительного покрова, геоморфологии и гидрологическом режиме позволило выяснить особенности экологии индикаторных видов, оценить их активность и степень уязвимости.

Более детально изучены мохообразные и лишайники. Эти группы объединяют большинство уязвимых специализированных видов, которые встречаются только в ненарушенных старовозрастных лесных сообществах и строго приурочены к имеющимся в них специфическим микронишам с определенным стабильным комплексом условий обитания [6]. В 2011 г. завершено картирование местонахождений индикаторных видов лишайников и мохообразных в верховьях р. Межи (юго-восточная часть ЦЛГПБЗ) и в лесных и болотных массивах левого берега р. Лоби (западная часть национального парка «Завидово»).

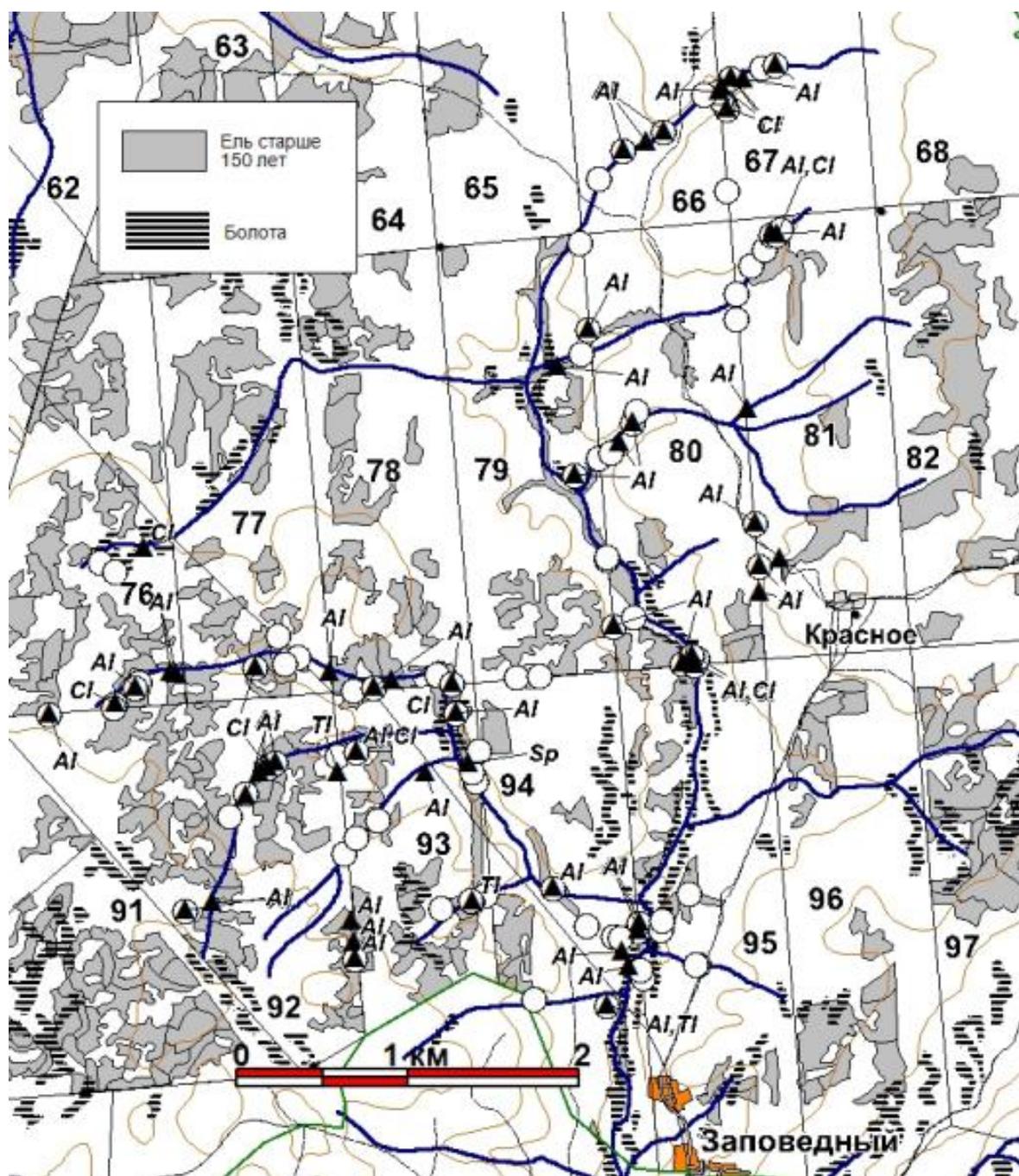


Рис. 1. Характер распространения *Lecanactis abietina* (Ach.) Körb. (кружки) и некоторых других индикаторных видов лишайников (треугольники) в верховьях реки Межи (ЦЛГПБЗ) [по: 25]:
 AI – *Arthonia leucopellaea* (Ach.) Almq., TI – *Thelotrema lepadinum* (Ach.) Ach.,
 CI – *Cliostomum leprosum* (Räsänen) Holien et Tønsberg,
 Sp – *Schismatomma pericleum* (Ach.) Branth et Roster

Сопряженный анализ данных о структуре растительного покрова, геоморфологии, гидрологическом режиме и характере встречаемости индикаторных видов позволил уточнить их экологию, степень уязвимости, их роль в составе синузий на разных стадиях сукцессий в коренных и производных лесных сообществах. Выявлены основные комплексы индикаторных видов и проведена оценка их фитоценотической приуроченности и уровня сопряженности в синузиях [25]. В ЦЛГПБЗ достаточно полно представлены комплексы индикаторных видов, связанные с широколиственными древесными породами,

старовозрастными ельниками, приручьевыми и пойменными фитоценозами. Изучена зависимость между спецификой экотопа, особенностями фитоценоза и полнотой представленности компонентов комплексов в составе синузий [25]. Особенно уязвимой оказалась группа индикаторных видов, связанных с *Lecanactis abietina* (Ach.) Körb. Даже в верховьях Межи, где этот комплекс выражен достаточно четко, отдельные его представители встречаются крайне редко (Рис. 1), а в национальном парке «Завидово» он вообще не представлен [25, 26]. Последнее свидетельствует о более высокой степени трансформации на этой территории коренных лесных сообществ. Материалы, полученные по другим комплексам, также подтверждают высокую индикаторную роль получаемых данных и целесообразность их более широкого использования в биомониторинге. Состояние популяций индикаторных видов биологически ценных лесных сообществ – важный показатель степени их антропогенной трансформированности.

Актуальность организации специального мониторинга инвазионной фракции в каждом регионе ежедневно возрастает, так как биологические инвазии представляют реальную угрозу природному биоразнообразию [7–9, 13]. В рамках программы биомониторинга Верхневолжья осуществлена разработка Черной книги Тверской области [13]. В ней предложены также методы оценки уровня воздействия инвазионной фракций на региональные экосистемы [13]. В качестве ее исходной количественной характеристики следует использовать суммарную активность инвазионной фракции, которую можно определить для каждого района и природного комплекса.

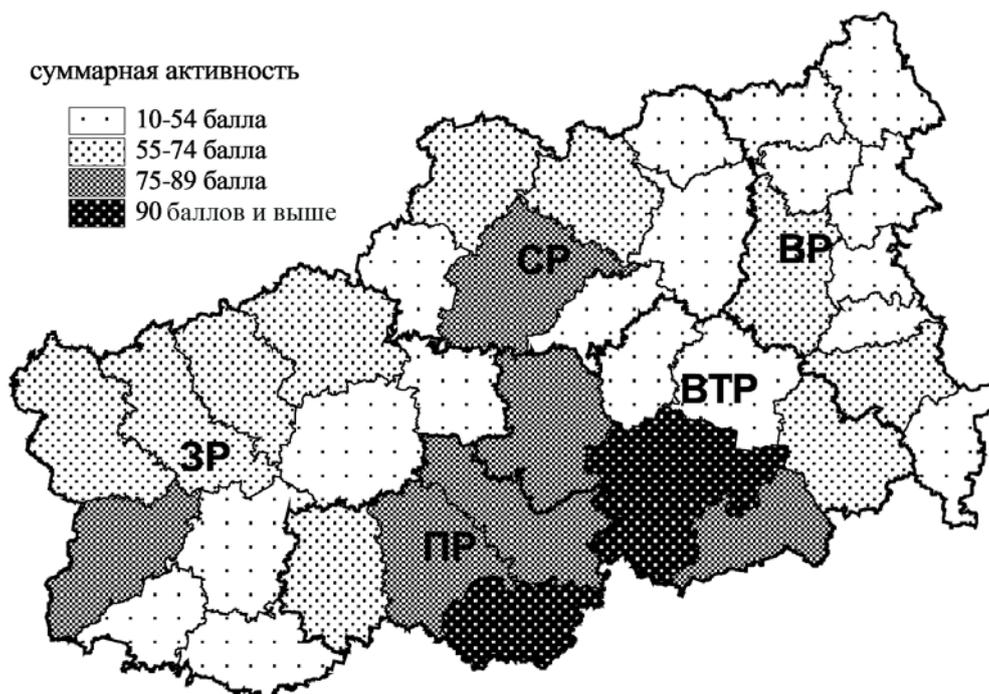


Рис. 2. Суммарная активность инвазионных фракций флор административных районов Тверской области [по: 13]

Для вычисления суммарной активности инвазионной фракции необходимо выявить видовой состав инвазионных видов для каждого административного или хозяйственно-экономического района и определить активность каждого инвазионного вида на территории района. Методика определения активности описана в соответствующих работах [см. 13]. Путем сложения полученных баллов активности всех, отмеченных в районе видов, выясняется суммарная активность инвазионной фракции в каждом районе. В зависимости от суммарной активности инвазионной фракции районы Тверской области разделены на 4 группы: 1) с низким уровнем активности инвазионной фракции (от 10 до 54 баллов); 2) со средним уровнем активности (от 55 до 74 баллов); 3) с высоким уровнем активности (от 75 до

89 баллов); 4) с экосистемами, трансформированными компонентами инвазионной фракции (90 баллов и выше) (Рис. 2).

Дальнейший мониторинг инвазионной фракции должен осуществляться в рамках программы ведения Черной книги [8–10, 13]. Он предполагает следующие направления исследований: 1) изучение структуры и динамики популяций инвазионных видов, анализ адвентивного компонента флоры; 2) выявление путей и способов заноса инвазионных видов, изучение экологии и биологии адвентивных растений; 3) оценка экономического ущерба, наносимого наиболее агрессивными инвазионными видами; 4) разработка конкретных мер, препятствующих внедрению чужеродных видов в природные растительные сообщества региона [13]. Объектом мониторинга должны стать не только инвазионные виды, но и адвентивный компонент флоры в целом. Особенно актуальны специальный анализ адвентивной фракции в наиболее оригинальных с точки зрения состава флоры природных комплексах (Ржевско-Старицкое Поволжье, Вышневолоцко-Новоторжский вал) [20]. Эти комплексы испытывают значительный антропогенный прессинг, и активность инвазионных видов на этих территориях постоянно увеличивается [13].

В региональных моделях биомониторинга традиционные подходы оценки состояния компонентов природной среды целесообразно сочетать с современными физико-химическими методами исследования. Имеющаяся в настоящее время в Тверском государственном университете материально-техническая база позволяет существенно расширить программу мониторинговых исследований. Разработан и в настоящее время широко применяется в мониторинговых исследованиях Фурье-ИК спектральный анализ слоевищ лишайников [11, 16, 17, 30 и др.]. В отличие от других методов он помогает выявлять широкий спектр поллютантов, дает интегральную оценку состояния атмосферы, включая данные об экотоксикантах, поступавших в атмосферу в прежние годы. Он позволяет также не только проводить анализ уровня загрязнения атмосферы, но и оценивать характер воздействия поллютантов на живые объекты [11].

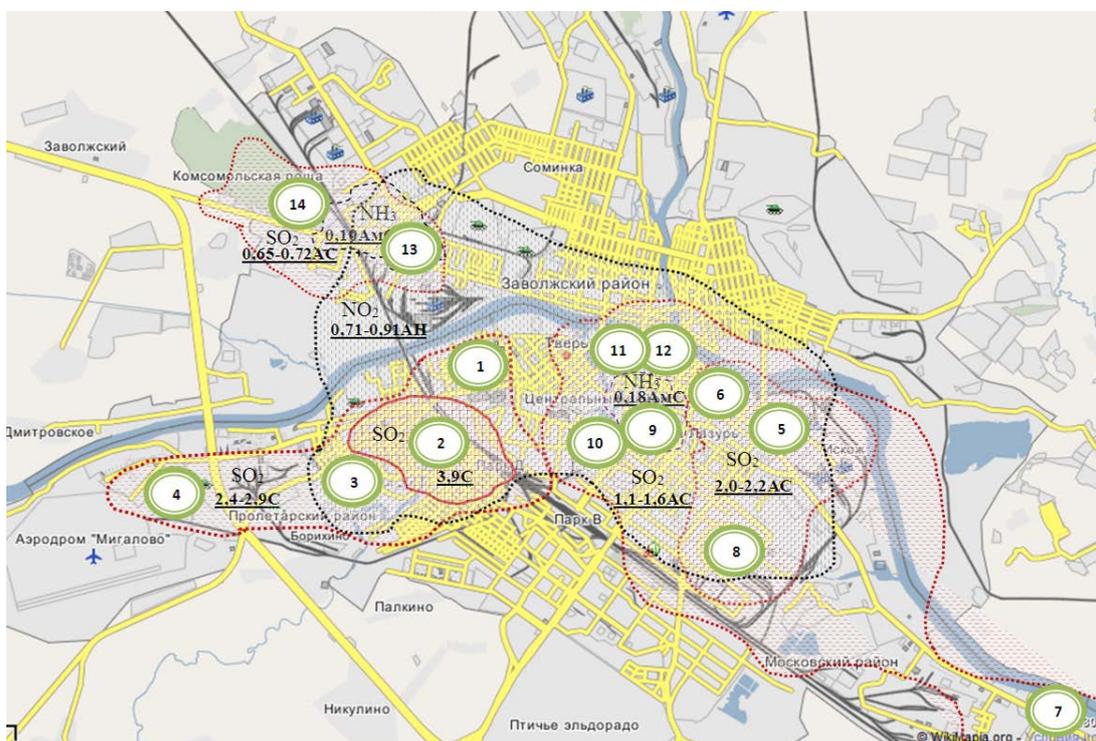


Рис. 3. Характер количественного распределения поллютантов в г. Твери по данным ИК спектроскопического анализа образцов *Hypogymnia physodes*: 1–14 – номера пунктов сбора образцов; контурами ограничены предполагаемые области распространения поллютантов: – – SO₂; – – NO₂; – – NH₃; количественные показатели содержания поллютантов (значение Av /A2925) в слоевищах лишайника: AC – сульфоны, АН – алкилнитраты, С – сульфаты; АМС – аммонийная соль [по: 16]

В рамках программы биомониторинга Верхневолжья проведен Фурье-ИК спектральный анализ слоевищ лишайников в основных промышленных районах Тверской области [16, 17, 22, 30 и др.]. Полученные результаты позволили оценить уровень и характер загрязнения атмосферы основными поллютантами (аммиак, аэрозоли серной и азотной кислот) в разных промышленных центрах и их окрестностях. Получены обобщенные схемы распределения поллютантов в крупных городах и промышленных центрах (Рис. 3).

Фурье-ИК спектральный анализ слоевищ лишайников оказался также эффективным методом оценки влияния лесных пожаров на фитоценозы охраняемых природных территорий [17]. В момент пожара увеличиваются концентрации оксида углерода, диоксида азота и взвешенных частиц, которые являются первичными экотоксикантами. При высокой температуре воздуха во время лесных пожаров образуются вторичные поллютанты, например, формальдегид. Площадь территории, испытавшей воздействие дыма, зависит от типа пожара, особенностей его локализации, направления и силы ветра. Содержащиеся в дыме химические вещества оказывают определенное воздействие на разные компоненты лесного фитоценоза. С помощью спектрального анализа слоевищ *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в 2011 г. был выявлен характер распространения области задымления, которая образовалась в результате пожара, возникшего на территории ЦЛГПБЗ в верховьях реки Тюзьмы в 1999 г. [17]

При организации мониторинговых исследований в лесных массивах Верхневолжья большое внимание мы уделяем оценке уровня кислотного загрязнения атмосферы. Очень чутко на наличие поллютантов этой группы реагируют виды эпифитного базифильного комплекса мохообразных. Многие представители этого комплекса занесены в региональные Красные книги и быстро исчезают под воздействием кислотных дождей.

В сочетании с Фурье-ИК спектральным анализом лишайников в мониторинговых исследованиях мы используем дополнительную приборную базу. Разовые концентрации экотоксикантов, способствующих кислотному загрязнению атмосферы, определяются нами с помощью газоанализатора Miran. Он позволяет обнаруживать в воздухе более 20 компонентов органических и неорганических поллютантов. Для идентификации тяжелых металлов в почве, воде, растительных объектах и лишайниках нами используется атомно-адсорбционный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой. Такой анализ актуален в связи с расположением в пределах региона Калининской атомной электростанции, в окрестностях которой реализуется специальная программа мониторинга наземных и водных экосистем.

Заключение. Используемые в региональной модели биомониторинга Верхневолжья подходы позволяют осуществлять достаточно точную оценку состояния биосистем разного уровня. Сочетание реализуемых исследовательских программ, направленных на получение полной характеристики состояния регионального биоразнообразия, с анализом компонентов природной среды с помощью физико-химических методов дают возможность своевременно выявлять динамические тенденции и факторы, способствующие трансформации биосистем. Целесообразно более широкое использование описанных подходов и методов при разработке и реализации программ биомониторинга в других регионах.

Примечания:

1. Чернов Ю.И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы / Ю.И. Чернов // Успехи соврем. биологии. 1991. Т. 111, вып. 4. С. 499–507.

2. Юрцев Б.А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны / Б.А. Юрцев. // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. СПб., 1992. С. 7–21.

3. Алещенко Г.М. Использование экспертных оценок для анализа территории по критериям биоразнообразия / Г.М. Алещенко, Е.Н. Букварева, А.В. Щербаков // Успехи соврем. биологии. 1995. Т. 115, вып. 6. С. 645–654.

4. Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd skog flora över kryptogamer. Jönköping: Skogsstyrelsen, 2000. 392 p.

5. Motiejūnaite J. Lichens – indicators of old-growth forests in biocentres of Lithuania and North-East Poland / J. Motiejūnaite, K. Czyżewska, S. Ciesliński // *Botanica Lithuanica*. 2004. Vol. 10. № 1. P. 59–74.
6. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России: Учеб. пособие: в 2 т. СПб., 2009. Т. 1. 238 с.; Т. 2. 258 с.
7. Виноградова Ю.К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
8. Нотов А.А. Черные и Красные книги: общие вопросы и проблемы / А.А. Нотов, Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2009. Вып. 16, №37. С. 127–143.
9. Нотов А.А. О проблеме разработки и ведения региональных Черных книг / А.А. Нотов, Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров // *Рос. журн. биол. инвазий*. 2010. № 4. С. 54–68.
10. Notov A.A. On the problem of development and management of regional black books / A.A. Notov, Yu.K. Vinogradova, S.R. Majorov // *Rus. J. Biol. Invasions*. 2011. Vol. 2, № 1. P. 35–45
11. Meisurova A.F. IR spectroscopic study of the chemical composition of epiphytic lichens / A.F. Meisurova, S.D. Khizhnyak, P.M. Pakhomov // *Journal of Applied Spectroscopy*. 2011. Vol. 78, Iss. 5. P. 711–718.
12. Дементьева С.М. О ботанико-географической специфике флоры Валдайской возвышенности / С.М. Дементьева, А.А.Нотов, Л.В. Зуев, С.А. Иванова // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2011. Вып. 23, №20. С. 114–128.
13. Виноградова Ю.К. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, А.А. Нотов. М.: КМК, 2011. 279 с. (Сер. «Чужеродные виды России»).
14. Дементьева С.М. Комплексный биомониторинг охраняемых лесных и болотных массивов Тверской области / С.М. Дементьева, А.А. Нотов, А.Ф. Мейсунова // *Современная ботаника в России: Труды XIII съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна»* (г. Тольятти, 16–21 сент. 2013 г.). Т. III: Охрана растительного мира. Ботаническое ресурсоведение. Культурные растения. Интродукция растений. Экологическая физиология растений. Ботаническое образование. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 15–16.
15. Дементьева С.М. Комплексный мониторинг экосистем как элемент региональной стратегии сохранения биоразнообразия / С.М. Дементьева, А.А. Нотов, А.Ф. Мейсунова, С.А. Иванова, А.В. Павлов, Е.А. Андреева, Л.В. Зуева // *Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 95-летию кафедры ботаники Тверского гос. ун-та* (г. Тверь, 21–24 нояб. 2012 г.). Тверь: ТвГУ, 2012. С. 26–28.
16. Мейсунова А.Ф. Оценка состояния атмосферы в г. Твери с помощью Фурье-ИК спектрального анализа *Hypogymnia physodes* / А.Ф. Мейсунова, А.А. Нотов // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2012. Вып. 27, № 23. С. 129–143.
17. Мейсунова А.Ф. Фурье-ИК спектроскопический анализ слоевищ лишайников как метод оценки характера воздействия лесных пожаров на фитоценозы заповедных территорий / А.Ф. Мейсунова, А.А. Нотов // *Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника* (20–24 авг. 2012 г., пос. Заповедный, Тверская обл.). Великие Луки, 2012. С. 140–145.
18. Нотов А.А. Материалы к флоре Тверской области. Ч. 1: Высшие растения. 4-я версия, перераб. и доп. / А.А. Нотов. Тверь: ГЕРС, 2005. 214 с.
19. Нотов А.А. Национальный парк «Завидово»: Сосудистые растения, мохообразные, лишайники / А.А. Нотов. М.: Деловой мир, 2010. 432 с.
20. Нотов А.А. Сопряженный анализ компонентов флоры как метод выявления флористической специфики природных комплексов разного уровня / А.А. Нотов // *Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология*. 2012. Вып. 28, № 25. С. 80–101.
21. Нотов А.А. Аннотированный список лишенофлоры Тверской области / А.А. Нотов, Д.Е. Гимельбрант, Г.П. Урбанавичюс. Тверь: ТвГУ, 2011. 124 с.

22. Нотов А.А. Комплексный биомониторинг природных экосистем центральной части Каспийско-Балтийского водораздела / А.А. Нотов, А.Ф. Мейсунова, С.М. Дементьева // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10 (5). С. 1090–1094.

23. Нотов А.А. Модель многоуровневого мониторинга: Ноу-хау / А.А. Нотов, А.Ф. Мейсунова, С.М. Дементьева. Тверь, 2013. Зарегистрировано в Депозитарии трансферных технологий Тверского государственного университета. Регистрационный номер 01-050-2013. Дата регистрации 10.07.2013 г. Реестр № 1.

24. Нотов А.А. Новые находки мохообразных в Тверской области. 2 / А.А. Нотов, А.Д. Потемкин // *Arctoa*. 2009. Т. 18. С. 253–254.

25. Нотов А.А. Возможности использования ГИС-технологий для выяснения характера распространения индикаторных видов лишайников и мохообразных / А.А. Нотов, А.Д. Потемкин, Д.Е. Гимельбрант, В.П. Волков, А.В. Павлов // *Динамика многолетних процессов в экосистемах Центрально-Лесного заповедника. Великие Луки, 2012. С. 328–356.* (Тр. ЦЛГПБЗ; Вып. 6).

26. Нотов А.А. Индикаторные виды лишайников и мохообразных старовозрастных коренных лесных сообществ как элемент мониторинга экосистем заповедников и национальных парков / А.А. Нотов, А.Д. Потемкин, Д.Е. Гимельбрант, В.П. Волков, А.В. Павлов, В.А. Нотов // *Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (20–24 авг. 2012 г., пос. Заповедный, Тверская обл.). Великие Луки, 2012. С. 132–139.*

27. Потемкин А.Д. Новые находки печеночников в Тверской области. 1 / А.Д. Потемкин, А.А. Нотов // *Arctoa*. 2010. Т. 19. С. 265 – 267.

28. Потемкин А.Д., Нотов А.А. Новые находки мохообразных в Тверской области. 3 // *Arctoa*. 2011. Т. 20. С. 249 –251.

29. Потемкин А.Д. Печеночники и их роль в лесных и болотных сообществах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника / А.Д. Потемкин, А.А. Нотов // *Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (20–24 авг. 2012 г., пос. Заповедный, Тверская обл.). Великие Луки, 2012. С. 127–131.*

30. Уразбахтина (Мейсунова) А.Ф. Применение метода Фурье-ИК спектроскопии для лишеноиндикации атмосферного загрязнения в городских районах / А.Ф.Уразбахтина, С.Д. Хижняк, С.М. Дементьева, А.А. Нотов, П.М. Пахомов // *Растительные ресурсы*. 2005. Т. 41, вып. 2. С. 139–147.

31. Добриденев А.И. ГИС – «Заповедник»: Справочно-методическое издание / А.И. Добриденев. М., 2005. 92 с.

32. Конечная Г.Ю. Сосудистые растения Центрально-Лесного заповедника (Аннотированный список видов) / Г.Ю. Конечная. М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, 2012. 75 с. (Флора и фауна заповедников; Вып. 118).

33. Сорокина И.А. Результаты использования методики выявления биологически ценных лесов (БЦЛ) на востоке Ленинградской области / И.А. Сорокина, Д.Е. Гимельбрант, В.А. Спиринов, Е.В. Кушневская, И.С. Степанчикова, Е.С. Кузнецова, Г.А. Чиркова (Виноградова), П.Г. Ефимов, Л.В. Гагарина // *Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 95-летию кафедры ботаники Тверского гос. ун-та (г. Тверь, 21–24 нояб. 2012 г.). Тверь: ТвГУ, 2012. С. 74–79.*

References:

1. Chernov Yu.I. *Biologicheskoe raznoobrazie: sushchnost' i problemy* / Yu.I. Chernov // *Uspekhi sovrem. biologii*. 1991. Т. 111, вып. 4. С. 499–507.

2. Yurtsev V.A. *Ekologo-geograficheskaya struktura biologicheskogo raznoobraziya i strategiya ego ucheta i okhrany* / V.A Yurtsev. // *Biologicheskoe raznoobrazie: podkhody k izucheniyu i sokhraneniyu*. SPb., 1992. С. 7–21.

3. Aleshchenko G.M. Ispol'zovanie ekspertnykh otsenok dlya analiza territorii po kriteriyam bioraznoobraziya / G.M. Aleshchenko, E.N. Bukvareva, A.V. Shcherbakov // *Uspekhi sovrem. biologii*. 1995. T. 115, vyp. 6. S. 645–654.
4. Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd skog flora över kryptogamer. Jönköping: Skogsstyrelsen, 2000. 392 p.
5. Motiejūnaite J. Lichens – indicators of old-growth forests in biocentres of Lithuania and North-East Poland / J. Motiejūnaite, K. Czyżewska, S. Ciesliński // *Botanica Lithuanica*. 2004. Vol. 10. № 1. P. 59–74.
6. Vyyavlenie i obsledovanie biologicheskii tsennykh lesov na Severo-Zapade Evropeiskoi chasti Rossii: Ucheb. posobie: v 2 t. SPb., 2009. T. 1. 238 s.; T. 2. 258 s.
7. Vinogradova Yu.K. Chernaya kniga flory Srednei Rossii: chuzherodnye vidy rastenii v ekosistemakh Srednei Rossii / Yu.K. Vinogradova, S.R. Maiorov, L.V. Khorun. M.: GEOS, 2010. 512 s.
8. Notov A.A. Chernye i Krasnye knigi: obshchie voprosy i problemy / A.A. Notov, Yu.K. Vinogradova, S.R. Maiorov // *Vestn. TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya*. 2009. Vyp. 16, №37. S. 127–143.
9. Notov A.A. O probleme razrabotki i vedeniya regional'nykh Chernykh knig / A.A. Notov, Yu.K. Vinogradova, S.R. Maiorov // *Ros. zhurn. biol. invazii*. 2010. № 4. S. 54–68.
10. Notov A.A. On the problem of development and management of regional black books / A.A. Notov, Yu.K. Vinogradova, S.R. Majorov // *Rus. J. Biol. Invasions*. 2011. Vol. 2, № 1. P. 35–45
11. Meisurova A.F. IR spectroscopic study of the chemical composition of epiphytic lichens / A.F. Meisurova, S.D. Khizhnyak, P.M. Pakhomov // *Journal of Applied Spectroscopy*. 2011. Vol. 78, Iss. 5. P. 711–718.
12. Dement'eva S.M. O botaniko-geograficheskoi spetsifike flory Valdaiskoi vozvyshennosti / S.M. Dement'eva, A.A. Notov, L.V. Zuev, S.A. Ivanova // *Vestn. TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya*. 2011. Vyp. 23, №20. S. 114–128.
13. Vinogradova Yu.K. Chernaya kniga flory Tverskoi oblasti: chuzherodnye vidy rastenii v ekosistemakh Tverskogo regiona / Yu.K. Vinogradova, S.R. Maiorov, A.A. Notov. M.: KMK, 2011. 279 s. (Ser. «Chuzherodnye vidy Rossii»).
14. Dement'eva S.M. Kompleksnyi biomonitring okhranyaemykh lesnykh i bolotnykh massivov Tverskoi oblasti / S.M. Dement'eva, A.A. Notov, A.F. Meisurova // *Sovremennaya botanika v Rossii: Trudy KhIII s'ezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konferentsii «Nauchnye osnovy okhrany i ratsional'nogo ispol'zovaniya rastitel'nogo pokrova Volzhskogo basseina»* (g. Tol'yatti, 16–21 sent. 2013 g.). T. III: Okhrana rastitel'nogo mira. Botanicheskoe resursovedenie. Kul'turnye rasteniya. Introduktsiya rastenii. Ekologicheskaya fiziologiya rastenii. Botanicheskoe obrazovanie. Tol'yatti: Cassandra, 2013. S. 15–16.
15. Dement'eva S.M. Kompleksnyi monitoring ekosistem kak element regional'noi strategii sokhraneniya bioraznoobraziya / S.M. Dement'eva, A.A. Notov, A.F. Meisurova, S.A. Ivanova, A.V. Pavlov, E.A. Andreeva, L.V. Zueva // *Bioraznoobrazie: problemy izucheniya i sokhraneniya: Materialy Mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. 95-letiyu kafedry botaniki Tverskogo gos. un-ta* (g. Tver', 21–24 noyab. 2012 g.). Tver': TvGU, 2012. S. 26–28.
16. Meisurova A.F. Otsenka sostoyaniya atmosfery v g. Tveri s pomoshch'yu Fur'e-IK spektral'nogo analiza Hypogymnia physodes / A.F. Meisurova, A.A. Notov // *Vestn. TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya*. 2012. Vyp. 27, № 23. S. 129–143.
17. Meisurova A.F. Fur'e-IK spektroskopicheskii analiz sloevishch lishainikov kak metod otsenki kharaktera vozdeistviya lesnykh pozharov na fitotsenozy zapovednykh territorii / A.F. Meisurova, A.A. Notov // *Mноголетnie protsessy v prirodnykh kompleksakh zapovednikov Rossii: Materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. 80-letiyu Tsentral'no-Lesnogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika* (20–24 avg. 2012 g., pos. Zapovednyi, Tverskaya obl.). Velikie Luki, 2012. S. 140–145.
18. Notov A.A. Materialy k flore Tverskoi oblasti. Ch. 1: Vysshie rasteniya. 4-ya versiya, pererab. i dop. / A.A. Notov. Tver': GERS, 2005. 214 s.
19. Notov A.A. Natsional'nyi park «Zavidovo»: Sosudistye rasteniya, mokhoobraznye, lishainiki / A.A. Notov. M.: Delovoi mir, 2010. 432 c.

20. Notov A.A. Sopryazhennyi analiz komponentov flory kak metod vyyavleniya floristicheskoi spetsifiki prirodnykh kompleksov raznogo urovnya / A.A. Notov // Vestn. TvGU. Ser. Biologiya i ekologiya. 2012. Vyp. 28, № 25. S. 80–101.
21. Notov A.A. Annotirovannyi spisok likhenoflory Tverskoi oblasti / A.A. Notov, D.E. Gimel'brant, G.P. Urbanavichyus. Tver': TvGU, 2011. 124 s.
22. Notov A.A. Kompleksnyi biomonitoring prirodnykh ekosistem tsentral'noi chasti Kaspiisko-Baltiiskogo vodorazdela / A.A. Notov, A.F. Meisurova, S.M. Dement'eva // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 10 (5). S. 1090–1094.
23. Notov A.A. Model' mnogourovnevnogo monitoringa: Nou-khau / A.A. Notov, A.F. Meisurova, S.M. Dement'eva. Tver', 2013. Zaregistrirvano v Depozitarii transfornykh tekhnologii Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Registratsionnyi nomer 01-050-2013. Data registratsii 10.07.2013 g. Reestr № 1.
24. Notov A.A. Novye nakhodki mokhoobraznykh v Tverskoi oblasti. 2 / A.A. Notov, A.D. Potemkin // Arctoa. 2009. T. 18. S. 253–254.
25. Notov A.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya GIS-tekhnologii dlya vyyasneniya kharaktera rasprostraneniya indikatornykh vidov lishainikov i mokhoobraznykh / A.A. Notov, A.D. Potemkin, D.E. Gimel'brant, V.P. Volkov, A.V. Pavlov // Dinamika mnogoletnykh protsessov v ekosistemakh Tsentral'no-Lesnogo zapovednika. Velikie Luki, 2012. S. 328–356. (Tr. TsLGPBZ; Vyp. 6).
26. Notov A.A. Indikatornye vidy lishainikov i mokhoobraznykh starovozrastnykh korennykh lesnykh soobshchestv kak element monitoringa ekosistem zapovednikov i natsional'nykh parkov / A.A. Notov, A.D. Potemkin, D.E. Gimel'brant, V.P. Volkov, A.V. Pavlov, V.A. Notov // Mnogoletnie protsessy v prirodnykh kompleksakh zapovednikov Rossii: Materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. 80-letiyu Tsentral'no-Lesnogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika (20–24 avg. 2012 g., pos. Zapovednyi, Tverskaya obl.). Velikie Luki, 2012. S. 132–139.
27. Potemkin A.D. Novye nakhodki pechenochnikov v Tverskoi oblasti. 1 / A.D. Potemkin, A.A. Notov // Arctoa. 2010. T. 19. S. 265 – 267.
28. Potemkin A.D., Notov A.A. Novye nakhodki mokhoobraznykh v Tverskoi oblasti. 3 // Arctoa. 2011. T. 20. S. 249 – 251.
29. Potemkin A.D. Pechenochniki i ikh rol' v lesnykh i bolotnykh soobshchestvakh Tsentral'no-Lesnogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika / A.D. Potemkin, A.A. Notov // Mnogoletnie protsessy v prirodnykh kompleksakh zapovednikov Rossii: Materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. 80-letiyu Tsentral'no-Lesnogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika (20–24 avg. 2012 g., pos. Zapovednyi, Tverskaya obl.). Velikie Luki, 2012. S. 127–131.
30. Urazbakhtina (Meisurova) A.F. Primenenie metoda Fur'e-IK spektroskopii dlya likhenoindikatsii atmosfernogo zagryazneniya v gorodskikh raionakh / A.F. Urazbakhtina, S.D. Khizhnyak, S.M. Dement'eva, A.A. Notov, P.M. Pakhomov // Rastitel'nye resursy. 2005. T. 41, vyp. 2. S. 139–147.
31. Dobridenev A.I. GIS – «Zapovednik»: Spravochno-metodicheskoe izdanie / A.I. Dobridenev. M., 2005. 92 s.
32. Konechnaya G.Yu. Sosudistye rasteniya Tsentral'no-Lesnogo zapovednika (Annotirovannyi spisok vidov) / G.Yu. Konechnaya. M.: Izd. Komissii RAN po sokhraneniyu biologicheskogo raznoobraziya, 2012. 75 s. (Flora i fauna zapovednikov; Vyp. 118).
33. Sorokina I.A. Rezul'taty ispol'zovaniya metodiki vyyavleniya biologicheski tsennykh lesov (BTsL) na vostoke Leningradskoi oblasti / I.A. Sorokina, D.E. Gimel'brant, V.A. Spirin, E.V. Kushnevskaya, I.S. Stepanchikova, E.S. Kuznetsova, G.A. Chirkova (Vinogradova), P.G. Efimov, L.V. Gagarina // Bioraznoobrazie: problemy izucheniya i sokhraneniya: Materialy Mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. 95-letiyu kafedry botaniki Tverskogo gos. un-ta (g. Tver', 21–24 noyab. 2012 g.). Tver': TvGU, 2012. S. 74–79.

УДК 504.06 (470.3)

Методические аспекты комплексного биомониторинга

¹Александр Александрович Нотов

²Светлана Михайловна Дементьева

³Александра Федоровна Мейсурова

¹⁻³Тверской государственный университет, Россия
170100, Тверская область, г. Тверь, ул. Желябова, 33

¹Доктор биологических наук, профессор

E-mail: anotov@mail.ru

²Кандидат биологических наук, профессор

E-mail: dementeva1948@mail.ru

³Кандидат биологических наук, доцент

E-mail: alexandrauraz@mail.ru

Аннотация. На основе анализа мониторинговых исследований, проводимых на территории Верхневолжья, обсуждаются методические аспекты биомониторинга. Для повышения эффективности наблюдений целесообразно традиционные флористические и геоботанические подходы дополнить физико-химическими методами, более широко использовать Фурье-ИК спектральный анализ лишайников. Необходимы специальные исследования инвазионных видов и индикаторных видов старовозрастных коренных лесных фитоценозов.

Ключевые слова: мониторинг; биомониторинг; сохранение биоразнообразия; Верхневолжье; Фурье-ИК спектральный анализ лишайников; индикаторные виды; биологические инвазии.