

**Мониторинг природных и природно-антропогенных объектов  
в провинции Вятско-Камской возвышенности**

© 2020. М. Г. Дворников, д. б. н., в. н. с.,

В. В. Ширяев, д. б. н., в. н. с.,

**В. Г. Сафонов**, д. б. н., профессор, член-корреспондент РАН, г. н. с.,

Д. П. Стрельников, м. н. с.,

Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства  
и звероводства им. профессора Б. М. Житкова РАН,  
610000, Россия, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79,  
e-mail: Dvornikov50@mail.ru

В работе обобщены результаты тридцатилетних стационарных исследований зональных природных и антропогенно нарушенных биогеоценозов (БГЦ) на основе естественных экосистем и их компонентов в провинции Вятско-Камской возвышенности. Сочетание в иерархическом ряду природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов является хронологической основой экологического мониторинга. Проведён анализ структуры региональных экосистем и использования биоресурсов в изменяющихся природно-климатических и антропогенных условиях. Благодаря выявленным параметрам структурно-функциональной организации БГЦ и их ёмкости установлен (в цифровых значениях) тренд преобразований тайги в смешанные и омоложенные леса. Процесс преобразования сопровождается увеличением кальция в природных объектах и компонентах среды к югу региона и подтверждает изменения биогеохимического круговорота таёжного типа, влекущего за собой снижение способности восстанавливать и поддерживать естественное количество воды на водосборе Камского бассейна и его агрегаций, и климата в целом. Вместе с тем, эмерджентность, динамичное функционирование БГЦ и прогноз их развития открывает инновационные и инвестиционные перспективы для эффективного природопользования и развития региона.

**Ключевые слова:** природно-антропогенные объекты, биологическая продуктивность, прогнозирование экологических рисков и безопасности.

**Monitoring of natural and natural-anthropogenic objects  
in the province of Vyatka-Kama Upland**

© 2020. M. G. Dvornikov ORCID: 0000-0002-8261-5783<sup>?</sup>

V. V. Shiryaev ORCID: 0000-0002-4549-5727<sup>?</sup>

**V. G. Safonov** ORCID: 0000-0002-4827-4209<sup>?</sup>

D. P. Strelnikov ORCID: 0000-0002-9814-631X<sup>?</sup>

Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming of RAS,  
79, Preobrazhenskaya St., Kirov, Russia, 610000,  
e-mail: Dvornikov50@mail.ru

The review summarizes the results of thirty years stationary studies of zonal natural and anthropogenically disturbed biogeocenoses (BGC) based on natural ecosystems and their components in the province of Vyatka-Kama Upland. The combination in the hierarchical series of natural, natural-anthropogenic and anthropogenic objects is the chorological basis of environmental monitoring. The analysis of the structure of regional ecosystems and the use of biological resources in changing climatic and anthropogenic conditions is carried out. Due to the identified parameters of the structural and functional organization of the BGC and their capacity, the trend for the conversion of taiga into mixed and rejuvenated forests has been established (in numerical values). The conversion process is accompanied by an increase in calcium to the south of the region and confirms changes in the biogeochemical cycle of the taiga type, which entails a decrease in the ability to restore and maintain the natural amount of water in the Kama basin and its aggregations and the climate as a whole. At the same time, the emergence, dynamic functioning of the BGC and the forecast for their development opens up attractive innovative and investment prospects for effective environmental management and development of the region.

**Keywords:** natural and anthropogenic objects, biological productivity, forecasting of ecological risks and safety.

Одним из главных показателей, характеризующих поддержание динамики устойчивого (динамичного) равновесия биосферных процессов, подверженным влиянию практически всех видов и форм хозяйственной деятельности человека, а также являющимся интегральным показателем хозяйствования и природопользования служит биологическая продуктивность. Факторы, от которых зависит биологическая продуктивность, это динамичное возобновление, безопасное состояние ресурсов и качества среды, обеспечивающиеся в результате функционирования биоты и неживых компонентов как единого целого в параметрах вещественного круговорота и потока энергии в конкретных пространственно-территориальных границах естественных экологических систем, антропогенных объектов, развитие которых можно прогнозировать на основе экологического мониторинга. Программы мониторинга, от межгосударственного до локального уровней, востребованы с 1980-х годов. При использовании данных мониторинга, с одной стороны, возможно предотвратить ухудшение состояния биоты, качества биоресурсов и природной среды, с другой – получить наивысший хозяйственный эффект [1–4]. Подобного рода подход со строго ориентированным вектором к практическому применению и с прогнозом ноосферного развития осознаётся мировым сообществом как единственный способ безопасного выживания человечества в современных условиях.

Целью настоящей работы был обзор результатов исследований в среднетаёжных и южнотаёжных биогеоценозах (БГЦ), находящихся на территории Кировской области, с целью выбора основных индикаторов оценки экологического состояния и развития биогеоценологических (биосферных) процессов.

В задачи исследований входило выявление динамики вещественно-энергетического потока в БГЦ и обоснование на основе его показателей возможности и перспектив их использования: при экологической экспертизе природных (ПО) и природно-антропогенных объектов (ПАО), в прогнозировании эколого-экономического развития Кировской области.

### Объекты и методы исследования

Стационарные исследования проводились в 1989–2018 гг. в БГЦ, находящихся в разных режимах природопользования и охраны, расположенных в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и задействованных хо-

зяйственной деятельностью человека участках ПАО. В работе использовали комплексный научный подход для обобщения палеоэкологических, археологических, экологических и иных материалов [1]. Объектами исследований были особи, популяции, группы БГЦ, входящие в ПАО. На стационарах по общепринятым методикам проводили таксацию древостоев, определение прироста и запасов фитомассы, размера листового опада и отпада; прослеживалась продуктивность, учитывали зоомассу наземных позвоночных и почвенных беспозвоночных животных; осуществлялся отбор проб осадков, живой зоомассы и фитомассы, ветоши, опада, подстилки и почвы для определения содержания в них химических элементов. В соответствии с методиками количество площадок, проб, измерений и анализов обеспечивало статистическую обработку материалов, анализы проводились в аттестованных лабораториях [1]. Термины приведены по Федеральному закону от 10.01.2002 г. ФЗ №-7 «Об охране окружающей среды».

### Результаты и обсуждение

На материалах жизнедеятельности региональной биоты выявлено, как в конкретных зональных условиях окружающей среды сформировались биогеохимические циклы и восстановительные сукцессионные ряды, обеспечивающие стабильность БГЦ и биосферы в целом за счёт высокого биоразнообразия на разных его уровнях (молекулярно-генетическом, популяционно-видовом, сообществ и экосистем) [1–5]. На региональном иерархическом уровне выделяются два типа геопространств: природные зоны, провинции и речные бассейны [1, 3, 6]. На основе полученных результатов исследований установлено, что естественные экологические системы (ЕЭС) региона исследований обладают эмерджентностью [3]. Признаки этих систем – целостность и наличие у элементов общей цели – поддержание биогеоценологических и водорегулирующих процессов. В пространстве (в том числе в иерархическом ряду) этот режим волновой, а в системе, где поддерживается устойчивость – автоволновой. При этом важны не только современные оценки состояния, но и прошлые временные этапы изменений и преобразований БГЦ, динамики развития хозяйственной деятельности и использования ресурсов в голоцене [1]. Это позволило, в-первых, рассматривать различные ПО, ПАО (включая урбанизированные) и антропоген-

ные объекты (АО) в виде исторически упорядоченных единств, во-вторых, территориально дифференцировать практические мероприятия природопользователей в конкретных природных первичных ячейках – БГЦ. Именно эти представления лежат в основе развития БГЦ и мониторинга биоразнообразия. В связи с хозяйственной деятельностью и плотностью поселений человека на Северо-Востоке Кировской области в голоцене были изучены динамика природной среды и изменение состояния биоресурсов. На основе анализа поселений древних охотников и состава их пищи выявлена зависимость сбора пищевой продукции, роста биомассы домашних животных от плотности населения жителей и площади поселения. Этот процесс динамичен. К примеру, у Наговицинского городища в 1374 г. основан г. Вятка (ныне 510 тыс. чел.), здесь и в десятке городов (возникших в XV–XVII вв.) проживает 74% жителей Кировской области. При снижающейся численности населения в XXI в. (на 30%) плотность его составляет уже не 14, а 11 чел./км<sup>2</sup>. Так, городские АО, утратившие признаки и свойства ПАО, возникли из преобразованных ПО, и те, и другие имеют критерии выделения территорий для их идентификации, оценок состояния, мониторинга и стратегического планирования. Вместе с тем в поддержании биоразнообразия лесных БГЦ ведущая роль принадлежит восстановительным сукцессиям, жизнедеятельности растений-эдификаторов, доминирующим в сообществах животным, и антропогенной деятельности – это также объекты экологического мониторинга [4]. Состояние биоразнообразия в климатических формациях заповедников (в ООПТ Кировской области «Летопись природы» ведётся с 1990-х гг.) легли в основу сравнительных оценок состояния, мониторинга и эффективности природопользования в конкретных ПО. Особо важно, если сопряжённо с ООПТ расположены хозяйственно освоенные участки с типологически близкими БГЦ, развивающимися под воздействием природно-антропогенных факторов. Здесь в сравнительных исследованиях (опыт-контроль) и выявляется информационно-аналитическая роль индикатора – эталонных БГЦ. Приоритетное изучение таких ЕЭС, как природных эталонов, отмечается мировым сообществом, природоохранным законодательством и экологической доктриной России. При познании регионального уровня выделения и установления объёма и границ БГЦ учитывалось, что БГЦ имеет территориальную про-

тяжённость и близок к элементарному ландшафту. В этом случае интегрально использовано одно из основных их функциональных свойств – тип обмена веществом и поток энергии. Это свойство включает состав и иерархию всех звеньев вещественно-энергетического потока. Роль каждого из них, в том числе объёма и скорости превращений вещества и энергии, направления их преобразования, и главное, отмеченной законодательством сбалансированности функциональных процессов между продукцией и деструкцией органического вещества. По представленным материалам прослежены функционирование БГЦ, сбалансированность взаимосвязей в пищевой цепи: растительность – травоядные – хищники – редуценты, и как проявляются особенности биологического круговорота веществ в разных БГЦ. С этой целью всегда выявлялась структура биомассы основных компонентов природных, изменённых и преобразованных БГЦ. Подробные характеристики их лесонасаждений, параметры круговорота зольных веществ, азота и других элементов, потока энергии приводятся в работах [1, 3]. На пробных площадках, в пригородной зоне г. Кирова (ныне ООПТ) прослежены характеристики древостоев урбанизированных территорий, собраны и взвешены антропогенные предметы. Здесь заметны бытовые отходы, их имеется более 1–2 кг/га. В природных БГЦ наблюдается другая структура сообществ. Средняя биомасса позвоночных животных здесь в 1400 раз меньше среднего годового прироста надземной фитомассы, а в урбанизированных – в 1500–1700 раз меньше. Следовательно, меньше здесь их функциональная роль и устойчивость БГЦ. Отмеченное прослеживается и по энергопотoku, за последние 60 лет в Кировской области леса омоложены (спелых 28% от прежних 43%) и стали смешанными [1]. В итоге индексы отношения фитомассы к первичной продукции в средней и южной тайге – 0,015 и 0,025, значения которых близки к величинам лиственных по величине лиственных и смешанных лесов (0,028 и 0,033). Качество и состояние окружающей среды характеризуется физическими, химическими и биологическими показателями, и (или) их совокупностью, однако в числе нормативов в Российской Федерации (РФ) до настоящего времени не определены главные функциональные показатели популяций, сообществ и экосистем как основных составных частей структуры, сохранения и использования биоразнообразия. Оценки состояния,

использования и мониторинг биоразнообразия особенно необходимы в основе современных прогнозов и экологической экспертизе. Пока же популяционные структуры биологических компонентов среды и объектов природопользования в регионе изучены единично [1, 7, 8]. Между тем, нормативы допустимых нагрузок в пределах конкретных территорий ЕЭС должны обеспечивать соблюдение устойчивого функционирования и сохранения всех уровней биоразнообразия. Так, в границах ёмкости круговорота реализуются современные эволюционные процессы БГЦ, расположенных в природных зонах, и возможность их самовосстановления после негативных воздействий. Это обеспечивается благодаря неразрывному взаимодействию всех уровней биоразнообразия, которое прошло и проходит эволюционную «притирку» в конкретной изменяющейся среде обитания ЕЭС. Поэтому в природоохранной (экспертной) деятельности в обозначении нормы и импактного мониторинга, особенно прогноза устойчивого развития [1, 3], необходимы фундаментальные научные сравнительные (исходные) сведения, полученные на ООПТ и на территории ПАО (региональный уровень мониторинга). Заметим, заповедники размещены зонально (других эталонов биоты и биоразнообразия на планете нет). Однако, загрязняющие вещества из АО переносятся воздушными или водными потоками на значительные расстояния, и неизвестно, где и сколько их входит в другую конкретную ЕЭС. К примеру, биогеохимическая миграция была отмечена по содержанию, накоплению, перемещению и распределению зольных веществ, азота и других элементов (включая тяжёлые металлы (ТМ) и радиоактивные вещества) по структурным блокам природных (зональных фоновых) и освоенных БГЦ и использовалась для выявления ореолов, фона и далее – углеродного цикла. В лесных (1–5 бонитета) и луговых БГЦ, находящихся вне зоны промышленных воздействий, запас, ёмкость, интенсивность потоков химических веществ и запасов углерода соответствуют зональным значениям, однако в весенних наносах, привнесённых половодьем, содержание ТМ и радиоактивных веществ заметно выше. Поэтому рассчитанный ежегодный (от всходов до стадии отпада древесины) и вековой оборот химических элементов, а также кларковое содержание (в том числе и ТМ), согласно выявленной продуктивности и структуры фитомассы, указывают на их древнее и современное присутствие в БГЦ [1]. Здесь подстилка в

вертикальной структуре БГЦ – главный геохимический барьер (контролируется реперами, шаблонами, сеточной изоляцией и т. д.), проявление и содержание ореолов зависит от точной (по шаблону) фиксации (на стационарах) сезонной ветоши и ежегодного опада и отпада, геоморфологических и гидрологических условий. В болотных БГЦ из-за вторичного сорбционного накопления содержание химических элементов в ореолах выше. Эти материалы исследования показывают уникальность конкретных ПО и ПАО и дают возможность ответить, какая часть химических элементов ежегодно вовлекается в биологический круговорот и какие параметры его могут использоваться для нормирования, а какая доля безвредно для живого уходит в геологический круговорот. Вместе с тем, исследования по экосистемному уровню биоразнообразия в регионе также немногочисленны [1, 9–11]. Возможно, исследования на экосистемном и популяционном уровнях интенсифицируются вслед за возникшей проблемой утилизации отходов. Для региональных ПАО, преобразованных в урбанизированные территории с вторичными лесонасаждениями, характерны: высокие показатели фрагментированности (от 3 и более участков на один км<sup>2</sup>, от 0,6% и более площадь дорог и троп); значительное число синантропных видов; лесопокрытая площадь менее 50%; на 15–30% меньше накопление подстилки (из-за троп), опада, отпада; снижена до 45–60% продуктивность; отличается структура и биомасса позвоночных животных. Перечисленные признаки уже подтверждают начало разбалансированности локальных процессов деструкции и образования продукции, а также свидетельствуют о специфике сложившегося ведомственного ресурсного природопользования. Выявленные тенденции изменения признаков также увеличивают вероятность разного рода угроз – повышение численности клещей, возникновение лесных пожаров, расселение лесостепных животных в былую тайгу. К примеру, обычными стали высокие плотности мышевидных грызунов, различных видов врановых птиц, хищных зверей у свалок бытовых отходов и садовых участков. Обилие синантропных видов – это сигнал возникновения не природных (антропогенных) биоценозов с очагами болезней, передающихся человеку и домашним животным (бешенство, клещевой энцефалит, туляремия, чума плотоядных и т. д.). Учитывая специфику застройки, из пригородных территорий некоторые виды диких



животных (кряква *Anas platyrhynchos* L., водяная полёвка *Arvicola amphibius* L., ондатра *Ondatra zibethicus* L., бобр *Castor fiber* L., лисица *Vulpes vulpes* L., американская норка *Neovison vison* S.) проникают на селитебные территории и обитают в иной среде. Многими выявленными параметрами этих сообществ и процессом использования биоресурсов нужно своевременно управлять, а не игнорировать их. Аналогичные тенденции показывают данные годичного прироста древесины (древесно-кольцевой индикации), позволяющие идентифицировать гидролого-климатические условия с учётом природных особенностей конкретной территории и акватории региона в масштабе нескольких столетий. Эти материалы необходимы для оценки нагрузок и разработки ландшафтно-экологического прогноза [1, 3, 11, 12], что возможно при большем привлечении научного потенциала в части оценок продуктивности, круговоротов веществ, потока энергии и роли компонентов в ЕЭС. Так, на основе оценок взаимосвязи управляющих структур биоразнообразия [13] у компонентов среды, при реконструкции истории генетических изменений, под влиянием климатических и антропогенных воздействий выявлены критические периоды состояния популяций даже у широко распространённой в Евразии *Lynx lynx* L. [8]. По совокупной информации можно своевременно выявить экологическую угрозу и управлять ресурсами [14], уточнить градации пожарной опасности в урбанизированных и охраняемых БГЦ; регулировать на урбанизированных территориях численность животных – переносчиков опасных болезней, передающихся человеку, что стало ныне весьма актуальным. Подчеркнём, что ПО и ПАО, их растительные и животные компоненты, используемые в регионе человеком не одно тысячелетие, по биологическим показателям качества [1] характеризуются пока хорошим состоянием и экологически благоприятной окружающей средой. Оценка среды по комплексным показателям состояния и использования биоразнообразия в зонально-территориальных единицах весьма необходима, поэтому приоритетное место в природопользовании будет занимать уже не ресурсная и ведомственная, а широко применяемая в странах с развитой экономикой эколого-экономическая составляющая, разрабатываемая региональным научно-образовательным центром. Тогда рассмотренный научный подход открывает привлекательные инновационные и инвестиционные перспек-

тивы в эффективное природопользование региона – в экологический туризм и обеспечение занятости сельского населения. Будет расширяться применение наукоёмких и экологически безопасных технологий, в которых в процессе деструкции отходов участвует биота.

### Заключение

Для перехода к устойчивому развитию необходимы:

1) идентификация ПАО, выявление структурно-функционального состояния БГЦ как обязательного информационно-аналитического индикатора регионального экологического мониторинга, с учётом представлений об улучшении качества жизненных условий и принципов стратегического планирования в части конкретных взаимосвязанных планов, эколого-экономических оценок и главное – научных прогнозов рисков и эффективности взаимосвязей регионального и муниципального уровней;

2) формирование эколого-экономического мировоззрения специалистов, обучающихся в учебных заведениях, и усиление массового экологического просвещения граждан региона;

3) целеустремленность и эффективное сотрудничество руководства федеральных и региональных органов, научной общественности и бизнеса, так как результаты скоординированной и научно обоснованной деятельности будут повышать ценность потребляемых природных ресурсов, что является главной целью рационального природопользования.

### Литература

1. Дворников М.Г. Млекопитающие в экосистемах бассейна р. Вятка (на примере особо охраняемых и освоенных территорий). Киров: Областная типография, 2007. 352 с.
2. Попова Н.В. Параметры детритной ветви малого биологического круговорота как основа для определения устойчивости почвенно-фитоценологических экосистем с разными запасами подстилки // Проблемы региональной экологии. 2017. № 4. С. 64–69.
3. Дворников М.Г., Ширяев В.В., Сафонов В.Г., Глушков В.М. Структурно-функциональная организация лесных биогеоценозов как информационно-аналитический индикатор выявления угроз экологического характера и изменения климата // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 5. С. 20–25.
4. Wackernagel M., Schulz N.B., Deumling D., Linares A.C., Jenkins M., Kapos V., Monfreda C., Loh J., Myers N., Norgaard R., Randers J. Tracking the ecological

overshoot of the human economy // PNAS. 2002. V. 99. No. 14. P. 9266–9271.

5. Программа и методика биогеоценологических исследований / Под ред. Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1974. 404 с.

6. Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. М.: Мысль, 1977. 293 с.

7. Видякин А.И. Индексная оценка признаков популяционной структуры сосны обыкновенной // Лесоведение. 1991. № 1. С. 57–62.

8. Lucena-Perez M., Marmesat E., Kleinman-Ruiz D., Martínez-Cruz B., Węcek K., Saveljev A.P., Seryodkin I.V., Okhlopov I.M., Dvornikov M.G., Ozolins J., Naranbaatar G., Paunovic M., Ratkiewicz M., Schmidt K., Godoy J.A. Genomic patterns in the widespread Eurasian lynx shaped by Late Quaternary climatic fluctuations and anthropogenic impacts // Molecular Ecology. 2020. V. 29. No. 4. P. 812–828.

9. Пристова Т.А. Биологический круговорот веществ во вторичном лиственно-хвойном насаждении средней тайги // Экология. 2008. № 3. С. 189–195.

10. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продуктивность лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 570 с.

11. Сергиенко В.Г. Влияние ожидаемого изменения климата на баланс углерода и продуктивность экосистем в лесном секторе Российской Федерации // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. 2018. № 1. С. 74–90.

12. Critical loads for sulphur and nitrogen // Report from a workshop held at Skokloster / Eds. J. Nilsson, P. Grennfelt. Sweden: Miljörapport 15, 1988. 418 p.

13. Тимофеев-Ресовский В.Н. Генетика, эволюция, значение методологии в естествознании. Екатеринбург: Токмасс-Пресс, 2009. 240 с.

14. Глушков В.М., Дворников М.Г., Колесников В.В., Сафонов В.Г., Сергеев А.А., Шевнина М.С., Ширяев В.В. Факторы, препятствующие управлению ресурсами диких копытных животных в России // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 76–83.

## References

1. Dvornikov M.G. Mammals in the ecosystems of the Vyatka river basin (on example of specially protected and developed territories). Kirov: Oblastnaya tipografiya, 2007. 352 p. (in Russian).

2. Popova N.V. Parameters of the detrital branch of the small biological cycle as a basis for determining the stability of soil-phytocenotic ecosystems with different litter stocks // Problemy regionalnoy ekologii. 2017. No. 4. P. 64–69 (in Russian).

3. Dvornikov M.G., Shiryayev V.V., Safonov V.G., Glushkov V.M. Structural and functional organization of forest biogeocenoses as an information-analytical indicator for identifying environmental threats and climate change // Izvestiya Samarskogo NCRAN. 2012. V. 14. No. 5. P. 20–25 (in Russian).

4. Wackernagel M., Schulz N.B., Deumling D., Linares A.C., Jenkins M., Kapos V., Monfreda C., Loh J., Myers N., Norgaard R., Randers J. Tracking the ecological overshoot of the human economy // PNAS. 2002. V. 99. No. 14. P. 9266–9271. doi: 10.1073/pnas.142033699

5. Program and methodology of biogeocenological research / Ed. N.V. Dylis. Moskva: Nauka, 1974. 404 p. (in Russian).

6. Milkov F.N. Natural zones of the USSR. Moskva: Mysl, 1977. 293 p. (in Russian).

7. Vidyakin A.I. Index assessment of the signs of the population structure of Scots pine // Lesovedenie. 1991. No. 1. P. 57–62 (in Russian).

8. Lucena-Perez M., Marmesat E., Kleinman-Ruiz D., Martínez-Cruz B., Węcek K., Saveljev A.P., Seryodkin I.V., Okhlopov I.M., Dvornikov M.G., Ozolins J., Naranbaatar G., Paunovic M., Ratkiewicz M., Schmidt K., Godoy J.A. Genomic patterns in the widespread Eurasian lynx shaped by Late Quaternary climatic fluctuations and anthropogenic impacts // Molecular Ecology. 2020. V. 29. No. 4. P. 812–828 (in Spain). doi: 10.1111/mec.15366

9. Pristova T.A. The biological cycle of substances in the secondary deciduous coniferous stands of the middle taiga // Ekologiya. 2008. No. 3. P. 189–195 (in Russian).

10. Usoltsev V.A. Phytomass and primary productivity of forests of Eurasia. Yekaterinburg: UrO RAS, 2010. 570 p. (in Russian).

11. Sergienko V.G. Influence of expected climate change on the carbon balance and productivity of ecosystems in the forest sector of the Russian Federation // Trudy Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo khozyaystva. 2018. No. 1. P. 74–90 (in Russian).

12. Critical loads for sulphur and nitrogen // Report from a workshop held at Skokloster / Eds. J. Nilsson, P. Grennfelt. Sweden: Miljörapport 15, 1988. 418 p.

13. Timofeev-Ressovsky V.N. Genetics, evolution, the importance of methodology in the natural Sciences. Ekaterinburg: Toklass-Press, 2009. 240 p. (in Russian).

14. Glushkov V.M., Dvornikov M.G., Kolesnikov V.V., Safonov V.G., Sergeev A.A., Shevnina M.S., Shiryayev V.V. Factors hindering resource management of wild ungulates in Russia // Theoretical and Applied Ecology. 2012. No. 3. P. 76–83 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2012-3-076-083