

**А. А. Волнистый, К. В. Гомель, П. А. Велигуров, М. Е. Никифоров**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по биоресурсам, Минск, e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

### **СИСТЕМА ЕДИНИЦ УПРАВЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЯМИ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ В БЕЛАРУСИ)**

**Аннотация.** Рассматриваются возможности и перспективы для внедрения системы единиц управления популяциями диких животных на основании их популяционной структуры и происхождения, устанавливаемых молекулярно-генетическими методами, на примере благородного оленя *Cervus elaphus*. Приводятся аргументы и преимущества использования единиц управления как средства для осуществления адаптивного управления популяциями ресурсных, охраняемых и инвазивных видов, а также называются препятствия для внедрения этой системы. Выносятся заключения о недостаточности одного только существующего массива молекулярно-генетических данных для выделения единиц управления в белорусской популяции благородного оленя как вида с высоким влиянием человека на формирование структуры популяции в связи с его реинтродукцией. Отмечаются перспективные направления исследования в рамках обозначенной проблематики.

**Ключевые слова:** охотничьи виды, копытные, популяционная структура, единицы управления

**A. A. Valnisty, K. V. Homel, P. A. Veligurov, M. Ye. Nikiforov**

*Scientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus,  
e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

### **SYSTEM OF WILDLIFE POPULATION MANAGEMENT UNITS AND GENETIC APPROACHES FOR THEIR SELECTION (ON THE EXAMPLE OF RED DEER IN BELARUS)**

**Abstract.** The paper considers the possibilities and prospects for implementing a system of Management Units based on population structure and molecular genetic data for wildlife management in Belarus. We give an overview of benefits and downsides of Management Units as tools for adaptive management of resource, protected and invasive species and approaches towards their implementation, derived from published information and our own research on red deer (*Cervus elaphus*) population genetics. We conclude that the existing amount of molecular genetic data on red deer in Belarus is insufficient on its own for delineation of Management Units due to high role of anthropogenic effects on their population structure, and that a more complex approach and further study are required.

**Keywords:** game species, ungulates, population structure, management units

**A. A. Валністы, К. В. Гомель, П. А. Велігураў, М. Я. Нікіфараў**

*Навукова-практычны цэнтр Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі  
па біярэсурсах, Мінск, e-mail: volnisty.aa@yandex.ru*

### **СІСТЭМА АДЗІНАК КІРАВАННЯ ПАПУЛЯЦЫЯМІ ДЗІКІХ ЖЫВЁЛ І ГЕНЕТЫЧНЫЯ ПАДЫХОДЫ ДЛЯ ІХ ВЫЛУЧЭННЯ (НА ПРЫКЛАДЗЕ ВЫСАКАРОДНАГА АЛЕНЯ Ў БЕЛАРУСІ)**

**Анотацыя.** Разглядаюцца магчымасці і перспектывы для ўкаранення сістэмы адзінак кіравання для папуляцый дзікіх жывёл на падставе іх папуляцыйнай структуры і паходжання, якія ўстанаўліваюцца малекулярна-генетычнымі метадамі, на прыкладзе высакароднага аленя *Cervus elaphus*. Прыводзяцца аргументы і перавагі выкарыстання адзінак кіравання як сродкі для ажыццяўлення адаптыўнага кіравання папуляцыямі рэсурсных, ахоўных і інвазіўных відаў, а таксама называюцца перашкоды для ўкаранення гэтай сістэмы. Выносіцца заключэнне аб недастатковасці існуючага масіва малекулярна-генетычных дадзеных для вылучэння адзінак кіравання на падставе малекулярна-генетычных метадаў. Адзначаюцца перспектыўныя напрамкі даследавання ў рамках пазначанай праблематыкі.

**Ключавыя словы:** паляўнічыя віды, капытныя, папуляцыйная структура, адзінкі кіравання

**Введение.** В условиях возрастающего антропогенного давления и растущей роли человеческого вмешательства в развитие популяций диких животных возникает потребность в совершенствовании модели управления ими в Республике Беларусь. Поддержание благополучного существования популяций ресурсных видов сталкивается с рядом проблем, например, высокой смертностью европейской косули (*Capreolus capreolus*), благородного оленя (*Cervus elaphus*) и европейского лося (*Alces alces*) [1], недостаточными темпами роста численности популяций без интенсивных мер искусственной поддержки популяционных группировок для достижения расчетной оптимальной плотности у благородного оленя [2], необходимостью жесткого регулирования поголовья в условиях непредсказуемых эпизоотических угроз, в частности депопуляции дикого кабана (*Sus scrofa*) с целью

профилактики африканской чумы свиней (АЧС) [3], дальнейшим расширением ареала инвазивных видов (таких как американская норка *Neogale vison* [4]).

Известные подходы для улучшения системы управления популяциями разнородны по характеру, включая развитие методов расселения ресурсных животных для расширения ареала [5], переход к адаптивному управлению [6], совершенствование методик проведения учетов и контроля численности животных [7], реформы регулирующей охотохозяйственной деятельности законодательства [8] и развитие трофейного дела [9]. При этом все перечисленные подходы так или иначе сводятся к изменению стратегий, методик и контроля воздействия на популяционные группы животных на определенных территориях. В то же время сам вопрос обоснованного выделения вышеупомянутых популяционных групп для ресурсных видов животных остается нерешенным – управление их популяциями осуществляется на уровне охотпользователей и сводится к управлению частями популяций в административных границах охотугодий вместо управления фактическими популяционными группами в пределах полной территории их обитания.

В настоящей работе рассматривается концепция единиц управления (ЕУ) охраняемых и ресурсных видов животных, ее перспективы для повышения эффективности ныне применяемых методов учета, защиты, контроля и хозяйственного использования популяций, а также возможности генетического подхода к выделению ЕУ (локальных популяционных группы животных одного вида, которые подлежат управлению в качестве самостоятельной единицы ввиду их демографической самостоятельности) в популяциях диких видов.

В 1994 г. К. Мориц впервые ввел понятие ЕУ в научный дискурс [10] как развитие ранее предложенной О. Райдером концепции эволюционно значимых единиц (ЭЗЕ) [11]. Обе концепции предлагались для исключения недостатков таксономического подхода в управлении популяциями охраняемых и ресурсных видов животных и растений, так как принятие законодательных мер в отношении видов и подвидов часто неэффективно [12]: уникальные и нуждающиеся в поддержке и восстановлении популяции могут не иметь собственного таксономического статуса и испытывать затруднения с его получением, и наоборот, популяции, не нуждающиеся в специализированном управлении, имеющие минимальные генетические и морфологические отличия, могут обладать статусом самостоятельных таксонов в силу преимущественно систематической традиции. Использование ресурсных видов при таксономическом подходе ориентируется на статус вида в пределах некой административной территориальной единицы, нежели на наиболее эффективное использование реальной биологической популяции. В этом контексте ЭЗЕ и ЕУ предлагались как популяционные группы, наиболее подходящие для целостного управления на основании, соответственно, значительной эволюционной дифференциации и демографической независимости в рамках видов вне зависимости от таксономического статуса этих групп. Подобный подход позволяет направить меры по изучению, учету, охране или хозяйственной эксплуатации на реальные в биологическом смысле популяционные группы организмов.

К настоящему времени концепции ЭЗЕ и ЕУ и осуществление управления видами на их основе стали широко распространенной в мире практикой, применяемой к популяциям охраняемых и ресурсных видов [13]. Было показано, что использование ЕУ по сравнению с традиционными подходами к обозначению управляемых групп в одних и тех же популяциях позволяет повысить действенность косвенных учетов численности [14], эффективнее добиваться как сохранения уязвимых популяций видов, так и стабильной и выгодной эксплуатации популяций ресурсных видов животных, упрощает постановку и выполнение целей менеджмента [15]. В качестве примеров можно привести систему управления популяцией северного оленя *Rangifer tarandus* в Норвегии [16] (рис. 1), принцип выделяемых популяционных сегментов (Distinct Population Segments) в рамках закона об угрожаемых видах в законодательной системе США [17] в целом и систему управления популяцией волка *Canis lupus* на территории штата Мичиган в частности [18], а также систему ЕУ Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), повсеместно внедренную в Мексике [19]. Данный подход обсуждался к применению и в России [20].

В условиях осуществляемых в Беларуси реформ законодательства в областях охраны природы [21] и охотничьего хозяйства [22], а также реорганизации крупнейшей в стране организации-охотпользователя – Республиканского государственно-общественного объединения «Белорусское общество охотников и рыболовов» (БООР) [23] выделение ЕУ охраняемыми и ресурсными популяциями животных выглядит перспективным подходом для дальнейшего совершенствования белорусского охотхозяйства и экологической сети. В условиях расширения антропогенных ландшафтов ключевой угрозой для стабильности популяций становится фрагментация ареалов и утрата генетического разнообразия в изолированных субпопуляциях [12]. В этой связи ЕУ представляют собой подход, направленный на противодействие этим угрозам. Однако практика внедрения и использования ЕУ,

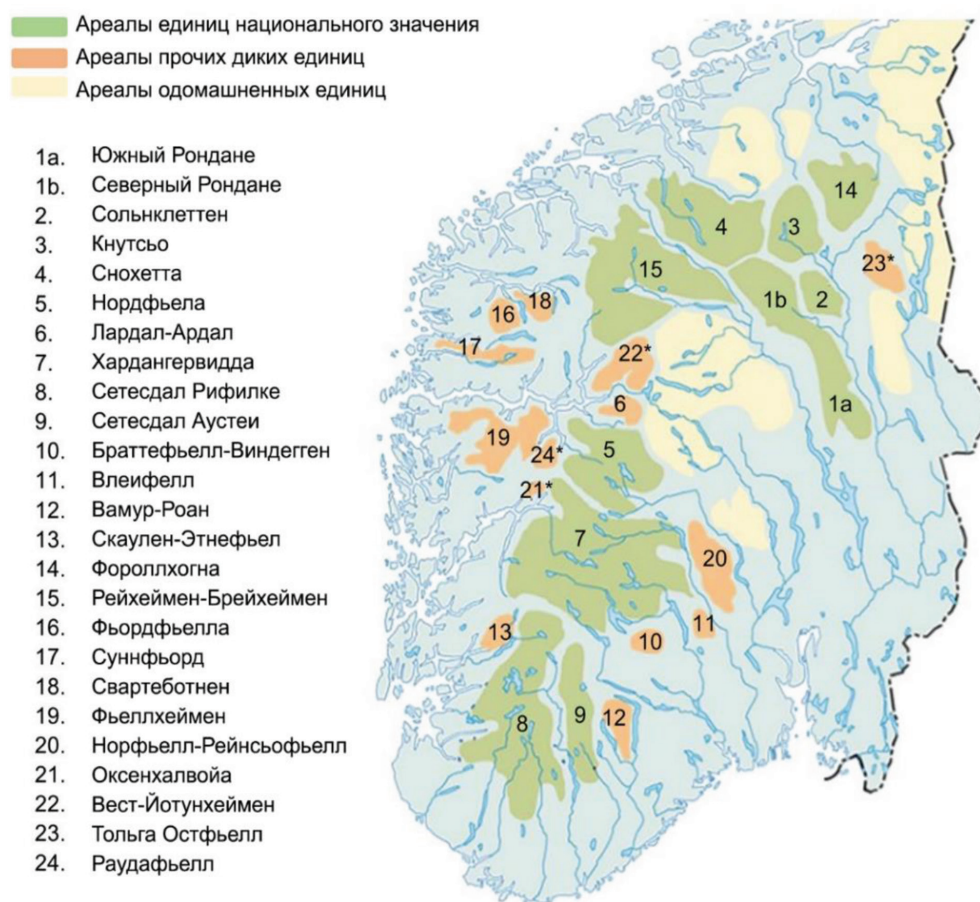


Рис. 1. Географическая схема ареалов ЕУ популяцией северного оленя *Rangifer tarandus* в Норвегии [16]

судя по зарубежному опыту, обладает набором характерных затруднений и препятствий [24, 25]. В настоящей работе мы рассматриваем проблематику выделения ЕУ с точки зрения молекулярно-генетического подхода на примере популяций одного из наиболее изученных ресурсных видов крупных млекопитающих Беларуси – благородного оленя *Cervus elaphus* – с целью выделить основные возможности, препятствия и перспективы выделения ЕУ для обитающих на территории республики видов животных.

**Концепция и практическое значение единиц управления.** Говоря о ЕУ, необходимо сделать пояснение, почему введение системы ЕУ не влечет за собой создания абсолютно новой системы для охотничьего хозяйства и природоохранной деятельности в Беларуси:

во-первых, система ЕУ не представляет собой какой-либо альтернативной экологической сети природных территорий, не подразумевает создания новых популяций методом выпуска особей, освоения новых охотугодий или формирования дополнительной егерской службы;

во-вторых, внедрение системы ЕУ не подразумевает изменения или введения новых принципов или мероприятий учета, защиты или использования природных популяций диких животных;

в-третьих, использование ЕУ не влияет на структуру особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и организаций-охотпользователей;

в-четвертых, система ЕУ не влечет за собой отказ от таксономического подхода в управлении и определении охраняемых, ресурсных, инвазивных и других видов, так как ЕУ выделяются в рамках одного таксона (вида или же подвида).

Сама по себе ЕУ популяцией диких животных представляет собой совокупность особей одного вида животных, составляющую демографически независимую популяцию. Демографическая независимость в данном контексте означает не полную изоляцию, а самодостаточность выделяемой популяции и ее ареала в плане динамики численности, половозрастной структуры, типологии ландшафта и жизненного цикла животных при возможном наличии ограниченных миграционных потоков

[12]. В качестве общего правила для большинства видов демографически независимой считается популяция, в которой иммиграция составляет не более 10 % прироста численности [26], хотя точные величины определяются экологическими особенностями вида. ЕУ не может быть фрагментом более крупной популяции – управление избыточно-фрагментированными группами является одним из основных источников проблем, на решение которых направлена сама концепция ЕУ. Она не может быть и группой животных одного пола, как кочующие вместе самцы волка *Canis lupus* на определенной территории в отрыве от самок и потомства; или совокупностью особей одной ограниченной стадии развития без учета прочих стадий, как колония дрейссены *Dreissena polymorpha* в отрыве от распространяемого ими потомства на личиночной стадии; или миграционной группой, как перелетная группировка гуменника *Anser fabalis* без учета их гнездовых групп. ЕУ также не может быть сформирована из нескольких демографически не зависящих друг от друга групп животных: включать в себя одновременно, например, осиповичскую и беловежскую субпопуляции зубра *Bison bonasus*, или камышовых жаб *Epidalea calamita* из бассейнов Западного Буга и Вилии. ЕУ должна включать в себя всю популяционную совокупность организмов конкретного вида, обитающих в определенном ареале, демографически отделенную от прочих популяций этого вида.

Основное практическое значение ЕУ заключается в выделении совокупности особей для управления в границах обитания реальной биологической популяции, что дает ряд значительных преимуществ при управлении:

эффективное целеполагание и постановку задач для каждой ЕУ в зависимости от состояния популяции, внешних условий и взаимных интересов органов контроля, природопользователей и частных лиц. Каждая ЕУ может быть охарактеризована по ее состоянию, динамике, численности и предназначению, что позволяет разрешить внутренний конфликт управления популяциями – эффективное сохранение популяций при их эксплуатации. Выделение ЕУ позволяет применять меры, обеспечивающие защиту, рост и развитие в отношении нуждающихся популяций согласно приоритету потребности, не препятствуя хозяйственному использованию пригодных для этого популяций;

осуществление учетов численности и плотности обитания диких животных в пределах границ ЕУ с высокой точностью, так как снижается вероятность множественного подсчета одних и тех же особей в ходе отдельных мероприятий по учету, покрывающих разные территории или временные промежутки в пределах обитания одной и той же биологической популяции [14]. Это касается в первую очередь крупных хищников, у которых индивидуальные участки обитания занимают большую площадь и могут находиться на территории нескольких охотничьих хозяйств;

соответствующая реальным популяционным потребностям оценка качества местообитания для каждой выделенной ЕУ;

возможность осуществления санитарного и ветеринарного контроля в отношении реальных популяций диких животных, затронутых эпизоотическими вспышками заболеваний, а также популяций, затронутых потоком мигрантов. При этом высвобождаются значительные ресурсы, используемые для контроля популяций, демографически изолированных от источников заражения;

применимость методов оценки состояния и динамики обитающей в рамках ЕУ популяционной группы посредством популяционно-генетических методов (например, анализ генетического разнообразия и эффективной численности).

В конечном итоге внедрение ЕУ означает использование системы управления популяциями диких животных как объектами, соответствующими реальным биологическим популяционным группам, благодаря чему обеспечивается более точное и эффективное применение мер в отношении этих популяционных групп в рамках стандартизированной системы с предсказуемыми результатами [19]. Ключевым ограничением для ЕУ, таким образом, является расхождение между выделяемыми ЕУ и реальными биологическими популяциями, происходящее из ограничений методов для их выделения.

**Походы к выделению единиц управления.** Как было указано выше, ключевым условием функциональности ЕУ является соответствие выделенных ЕУ реальным демографическим популяционным группам. В связи с этим центральную роль в вопросе целесообразности внедрения ЕУ занимают методы их выделения и разграничения. Ввиду проблематичности непосредственного управления группами животных в большинстве случаев, кроме видов с крайне низкой численностью, на практике для использования ЕУ выделяется соответствующая ей территориальная область – зона единицы управления (ЗЕУ), покрывающая ареал популяционной группы и формирующая ЕУ. Пространственная мобильность популяций многих видов при этом компенсируется периодическими ревизиями границ ЗЕУ.

Обозначение этих границ возможно на основании набора методических подходов, характеризующихся различной применимостью относительно различных видов животных, истории их популя-

ционных групп, биотопов, технических возможностей, размеров выделяемых ЗЕУ и ставящихся природоохранных или хозяйственных задач. При этом такие широко распространенные методы изучения популяций диких животных, как маршрутные учеты, тропление и детекция посредством фотоловушек, несмотря на их ключевую роль в изучении популяции, имеют ограничения в применении для выделения демографически независимых популяций и, следовательно, ЕУ [27].

Среди наиболее распространенных подходов для выделения ЕУ можно указать методы, основанные на средствах биологического радиослежения (GPS/GSM- и УКВ-телеметрия, RFID-тэгирование), ландшафтно-географическом анализе и популяционно-генетических исследованиях.

Радиомечение широко применяется для изучения и управления популяциями диких животных [28], в том числе и для определения их ареалов. Мечение животных с помощью компактных спутниковых приборов, осуществляющих автоматическую передачу точных данных о координатах животного посредством современных протоколов сотовой связи на протяжении значительного периода, позволяет с максимально возможной точностью описать границы ареала, маршруты миграции и используемые для питания и размножения территории в отношении группы индивидов любого вида, поддающегося мечению. При этом активное развитие средств анализа оперативно расширяет возможности радиотелеметрических исследований в отношении их точности, автономности, обработки данных и стоимости оборудования [29]. Подобные исследования в ограниченном масштабе осуществляются и в Беларуси (исследование ареала волка *Canis lupus* и большого подорлика *Clanga clanga*).

В то же время радиотелеметрический метод крайне ограничен в демографической плоскости, так как не характеризует исследуемую группу в отношении наследственности, предковых отношений и репродуктивной изоляции, но при этом требует априорного выделения популяционных единиц для последующей характеристики мобильности их представителей. Кроме того, даже в условиях повышенной доступности средств радиотелеметрии подобные исследования все еще остаются крайне трудоемкими и затратными для получения достаточного количества материала [30].

Ландшафтно-географические методы, или методы ландшафтного анализа, основываются на выявлении географических барьеров мобильности и прерываний предпочтительных биотопов относительно исследуемых видов, поэтому широко используются в изучении популяционной структуры и управлении популяциями диких животных [31]. Как правило, эти методы используют географические данные о распространении вида и экогеографические данные биотопов для алгоритмического анализа посредством ГИС и математических моделей дисперсии тех или иных видов для выявления вероятных видовых и популяционных ареалов, миграционных коридоров и фрагментации биотопов. Подобные исследования проводятся и в Беларуси [32]. Ограничением этих методов является то, что в конечном итоге они описывают ландшафты и только моделируют вероятную популяционную структуру в зависимости от выделенных характеристик ландшафта и общих экологических особенностей вида, но не анализируют исследуемую популяцию непосредственным образом.

Наиболее перспективным подходом для выделения ЕУ в настоящее время является популяционно-генетический анализ, основанный на молекулярно-генетических методах. Так как понятие ЕУ заведомо основано на демографической общности особей в рамках популяции, генетические методы анализа, основанные на выявлении демографической структуры исходя из генетических отношений между особями в популяциях, являются наиболее прямым методом для выделения ЕУ диких животных и имеют достаточно широкое применение в выделении ЕУ в отношении многих угрожаемых и хозяйственно значимых видов [33]. В Беларуси также уже осуществляются исследования популяций животных, включающие описание демографической структуры вида посредством молекулярно-генетических методов [34]. Применимость именно этого метода и его ограничения находятся в фокусе настоящей работы.

**Генетический подход к выделению единиц управления дикими популяциями на примере благородного оленя *Cervus elaphus*.** На протяжении 2018–2022 гг. нами проводился анализ генетической структуры, происхождения и генетического разнообразия белорусской популяции благородного оленя *Cervus elaphus* с целью осуществления генетической паспортизации вида в условиях реинтродукции. Для этого были использованы нейтральные микросателлитные маркеры и участок контрольного региона (Д-петли) митохондриальной ДНК длиной 326 пар оснований. Для описания результатов, преимуществ и ограничений популяционно-генетического подхода к выделению ЕУ в популяциях диких животных мы используем дополненные результаты исследования, проводимого ранее [35].

**Материалы и методы.** В ходе исследования использовалась выборка (171 образец) генетического материала благородного оленя из всех областей Беларуси. Выделение ДНК, амплификация и микросателлитный анализ осуществлялись по методике, описанной ранее [35]. Основным методом выявления генетической структуры являлся метод множественных симуляций иерархической

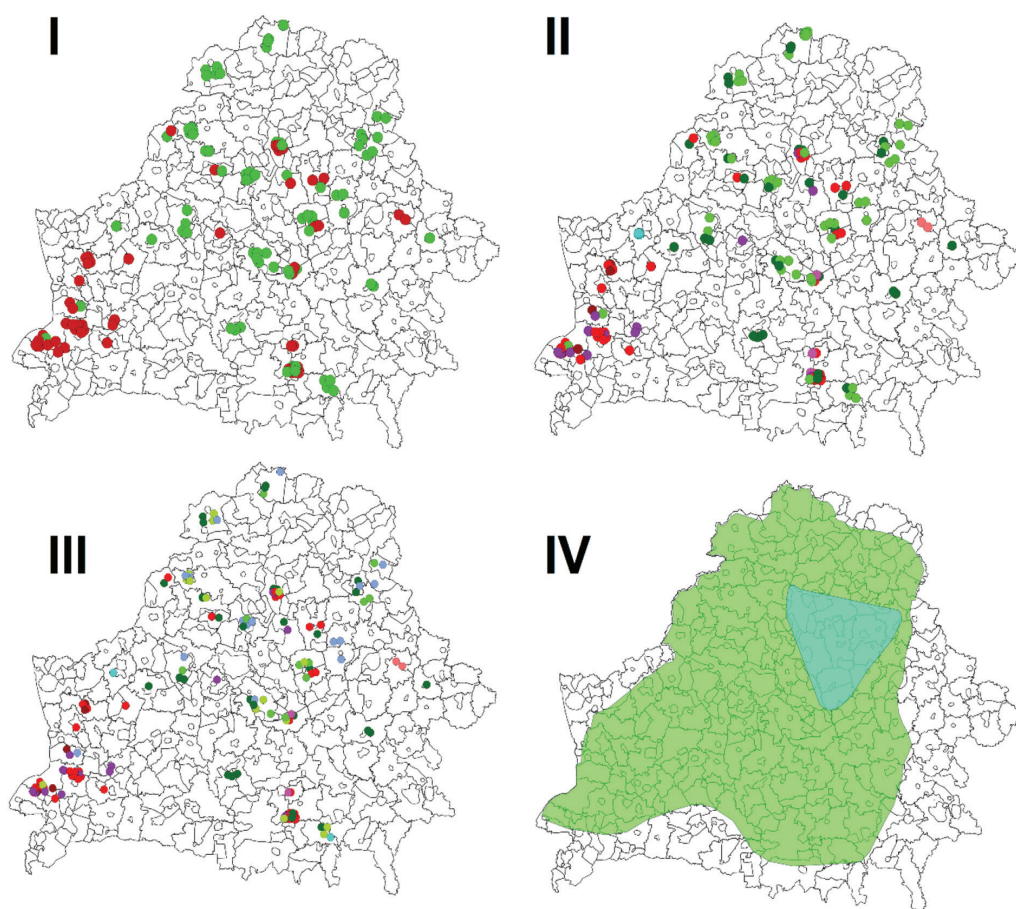


Рис. 2. Карты географического распределения генетических кластеров благородного оленя согласно результатам иерархических байесовских симуляций на основе данных микросателлитного анализа (I–III) или выделения генетических линий по данным вариабельности последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК (IV) (цвет точек показывает генетические кластеры 1-го (I), 2-го (II) и 3-го (III) иерархических уровней байесовской симуляции, цвет площадных полигонов (IV) отражает ареал распространения маралоидной (бирюзовый) и элафоидной (зеленый) генетических линий благородного оленя по данным анализа последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК)

байесовской кластеризации посредством метода Монте-Карло с марковскими цепями в наборах априорных величин количества кластеров [36]. Для микросателлитного анализа использовалась панель из 14 микросателлитных локусов [37]. Дополнительно 30 образцов из выборки использовались при изучении последовательностей контрольного региона митохондриальной ДНК для определения источников происхождения популяции посредством филогенетического анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Глубокий иерархический анализ генетической структуры в популяции благородного оленя отразил слабую дифференциацию некоторых отдельных географических популяционных групп (чаусская и мостовская группировки оленя, лидская вольерная популяция сибирского марала), хотя большинство особей не показали популяционно-территориального группирования, способного послужить основой для выделения ЕУ (рис. 2).

Статистический анализ популяционной дифференциации свидетельствует, что кластеризация большинства образцов не демонстрирует корреляции с территориями охотхозяйств, лесных массивов, географических регионов, административных районов или областей. Но при этом территориально-перекрывающиеся генетические кластеры отражают демографические эффекты реинтродукции оленя на территории республики. Эти данные положительно характеризуют эффективность мероприятий по расселению оленя по территории Беларуси. Национальные парки «Беловежская пушча» и «Припятский», Государственное природоохранное учреждение «Березинский биосферный заповедник» выступают как ключевые хотспоты генетического разнообразия в популяции, но в большинстве своем не пригодны для выделения ЕУ. Кластеры высокого уровня (рис. 2, I) сформированы общностью происхождения племенного материала расселяемых особей и миграциями: первый кластер

образован реинтродукциями с использованием материала из Беловежской пуши, второй кластер – предположительно оленями воронежского происхождения. Более тонкая генетическая структура второго (рис. 2, II) и третьего (рис. 2, III) уровней отражает родственные группы, в большинстве своем также распределенные по обширным территориям в ходе реинтродукций и суммарно соответствующие морфологическим породам благородного оленя, описанным ранее [35].

В то же время распределение ареалов генетических линий согласно результатам анализа митохондриальной ДНК 30 особей (рис. 2, IV) подтвердило смешанное происхождение белорусской популяции из элафоидного (Центральная Европа) и маралоидного (Воронежский заповедник) племенного материала, но не выделило группировок, потенциально отражающих актуальные демографические группы, что в целом характерно для исследований на основе последовательностей митохондриальной ДНК, хорошо выявляющих происхождение популяций и таксонов, но плохо отражающих актуальные демографические группы.

Полученные результаты отражают генетический аспект важнейшей на данный момент фундаментальной проблемы описания и управления популяциями диких животных – апостериорного установления состояния популяционных группировок [38]. При наличии обширного кратковременного воздействия (антропогенного или естественного) на демографическую структуру популяции результаты любого прямого анализа этой демографической структуры будут отражать в первую очередь последствия вышеозначенного воздействия, а не оптимальные для управления популяцией автохтонные демографические группы, сформированные долговременными характеристиками биотопов и экологическими особенностями изучаемого вида. При этом крайне затруднительно без дополнительных исследований сделать выводы о долговечности выявленных анализом демографических структур. Современная демографическая структура популяции благородного оленя в Беларуси прежде всего отражает эффекты расселения вида в ходе мероприятий по реинтродукции. На основании полученных результатов можно предполагать, что при прямом изучении демографической структуры иных сильно затронутых антропогенными воздействиями или иными факторами популяций диких животных (например, дикого кабана *Sus scrofa* или бычка-песочника *Neogobius fluviatilis*) такой анализ также будет отражать в основном масштабы воздействия этих факторов, а не оптимальные для управления демографические единицы. Эти выводы сходятся и с актуальными результатами изучения иных затронутых значительными пертурбациями популяций диких животных в Беларуси [39] и за рубежом [40].

**Закключение.** Многочисленные доводы указывают на то, что ЕУ популяциями представляют перспективную инновацию в управлении ресурсами диких животных, совместимую с существующими организационными системами и методами и в то же время открывающую возможности для более эффективного управления популяциями охраняемых и хозяйственных видов животных, выражаемого в сокращении расходов на управление, росте численности популяций ценных видов и повышении адаптивных качеств особей в популяциях. Однако применение ЕУ эффективно настолько, насколько точно они соответствуют фактическим демографическим популяциям исследуемых видов. Достоверное выделение демографических групп в наибольшей степени определяет эффективность ЕУ на практике. Популяционно-генетический подход на основе таких молекулярных средств, как анализ микросателлитных фрагментов, однонуклеотидных полиморфизмов или полногеномных ассоциаций, в частности, обладает всеми необходимыми возможностями для точного выделения ЕУ в популяциях многих видов. Подобные исследования уже давали достоверные основания для выделения демографических популяций [34]. Но этот подход сталкивается с ограничениями в случае популяций диких животных, затронутых обширными трансформациями их ареалов или демографии под воздействием естественных либо антропогенных факторов в недавнем прошлом. Популяционно-генетические методы показывают наиболее прямой и перспективный путь в выделении демографических популяций и ЕУ в случае видов с достаточно стабильной демографической историей на временном отрезке, соответствующем разрешающей способности задействованного анализа, а в случае с популяциями с более сложной историей дает множество ценных для управления данных, включая генетическое разнообразие в популяции, его распределение, коэффициент инбридинга и показатели эффективной численности. Кроме того, подобный анализ позволяет выявить обширные демографические сдвиги в популяции, если они не были обнаружены иными средствами ранее.

Тем не менее искажения, вносимые в генетическую структуру популяции, требуют применения комплексного подхода к выделению ЕУ, дополняющего молекулярно-генетический анализ прочими современными методами, такими как радиомечение или ландшафтно-географический анализ. Мы считаем, что выделение ЕУ для большинства значимых видов животных на территории Беларуси посредством популяционно-генетического анализа перспективно при комплексном дополнении молекулярно-генетических данных результатами ограниченного GPS-мечения и/или ландшафт-

но-географического анализа. В контексте оформленного практического и законодательного запросов на научно-ориентированное управление популяциями, а также современного развития всех упомянутых методов в Беларуси внедрение практики управления популяциями на основании ЕУ или подобных им демографических единиц, выделенных посредством комплексного подхода, следует охарактеризовать как возможное и доступное даже в ближайшей перспективе.

### Список использованных источников

1. Козорез, А. И. Охотничьи ресурсы Беларуси / А. И. Козорез // Лесное хозяйство: 82-я науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–14 февр. 2018 г.: тез. докл. – Минск: БГТУ, 2018. – С. 149.
2. Шакун, В. В. Особенности формирования популяций благородного оленя в Беларуси и факторы, их обуславливающие / В. В. Шакун. – Минск, 2011. – 24 с.
3. Шуневич, И. А. Использование ресурсов кабана в Республике Беларусь / И. А. Шуневич, А. А. Моложавский, С. Ю. Цербук // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 181–186.
4. Feral American mink *Neogale vison* continues to expand its European range: time to harmonise population monitoring and coordinate control / R. Vada [et al.] // *Mammal Review*. – 2023. – № 53. – P. 158–176.
5. Козорез, А. И. Стратегия расселения оленя благородного в Беларуси / А. И. Козорез // Наука – инновационному развитию лесного хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 11–13 нояб. 2015 г.). – Гомель: Ин-т леса, 2015. – С. 286–288.
6. Гештовт, П. А. Адаптивное управление дикими животными / П. А. Гештовт, А. В. Гуринович // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения В. С. Романова, Минск, 16–17 мая 2017 г. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 57–61.
7. Козорез, А. И. Непреодолимые противоречия зимнего маршрутного учета диких животных / А. И. Козорез, А. В. Гуринович // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2019. – № 2. – С. 149–155.
8. Гуринович, А. В. Охотничье право – две мировые системы и место в них Беларуси / Гуринович А. В. // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения В. С. Романова, Минск, 16–17 мая 2017 г. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 71–76.
9. Ровкач, А. И. Повышение эффективности охотничьего хозяйства путем развития трофейного дела / А. И. Ровкач, А. И. Козорез // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2014. – № 2. – С. 91–93.
10. Moritz, C. Defining “Evolutionarily Significant Units” for conservation / C. Moritz // *Trends in Ecology & Evolution*. – 1994. – Vol. 9, № 10. – P. 373–375.
11. Ryder, O. A. Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies / O. A. Ryder // *Trends in Ecology & Evolution*. – 1986. – Vol. 1, № 1. – P. 9–10.
12. Genetic management of fragmented animal and plant populations / R. Frankham [et al.]. – Oxford: Oxford University Press, 2017. – 401 p.
13. Gordon, I. J. REVIEW: The management of wild large herbivores to meet economic, conservation and environmental objectives: Management of wild large herbivores / I. J. Gordon [et al.] // *J. Appl. Ecol.* – 2004. – Vol. 41, № 6. – P. 1021–1031.
14. Elphick, C. S. How you count counts: the importance of methods research in applied ecology / C. S. Elphick // *J. Appl. Ecol.* – 2008. – Vol. 45, № 5. – P. 1313–1320.
15. Integrating wildlife and human-dimensions research methods to study hunters / R. Stedman [et al.] // *J. Wildl. Manag.* – 2004. – Vol. 68, № 4. – P. 762–773.
16. Recent large-scale landscape changes, genetic drift and reintroductions characterize the genetic structure of Norwegian wild reindeer / K. S. Kvie [et al.] // *Conserv. Genet.* – 2019. – Vol. 20, № 6. – P. 1405–1419.
17. Rogers, J. G. Policy Regarding the Recognition of Distinct Vertebrate Population Segments Under the Endangered Species Act / J. G. Rogers // *Federal Register*. – 1996. – Vol. 61, № 26. – P. 4722–4725.
18. Evaluating the principles of wildlife conservation: a case study of wolf (*Canis lupus*) hunting in Michigan, United States / J. A. Vucetich [et al.] // *J. Mammal.* – 2017. – Vol. 98, № 1. – P. 53–64.
19. Evaluating the sustainability of conservation and development strategies: The case of management units for wildlife conservation in Tabasco, Mexico / M. Pineda-Vázquez [et al.] // *J. Environ. Manag.* – 2019. – Vol. 248 – P. 109260.
20. Efremov, V. V. [Population as a conservation and management unit in vertebrate animals] / V. V. Efremov // *J. Gen. Biol.* – 2007. – Vol. 68, № 3. – P. 205–220.
21. Об изменении Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»: Закон Респ. Беларусь от 17 июля 2023 г. № 294-З. – URL: <https://house.gov.by/ru/zakony-ru/view/ob-izmenenii-zakona-respubliki-belarus-ob-oxrane-okruzhajuschej-sredy-1378/> (дата обращения: 03.11.2023).
22. Гуринович, А. В. Актуальные аспекты управления ресурсами охотничьих животных / А. В. Гуринович // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 64–69.
23. Шуневич, И. А. К вопросу о реорганизации РГОО «Белорусское общество охотников и рыболовов» / И. А. Шуневич, А. А. Моложавский, Ж. О. Серова // Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования УП «Белгосохота», Минск, 23–24 февр. 2023 г. – Минск: Белгосохота, 2023. – С. 176–180.
24. Weber, M. The Tragedy of the Commons: Wildlife Management Units in Southeastern Mexico / M. Weber, G. García-Marmolejo, R. Reyna-Hurtado // *Wildl. Soc. Bull.* – 2006. – Vol. 34, № 5. – P. 1480–1488.



25. *Rosen, T.* The Endangered Species Act and the distinct population segment policy / T. Rosen // *Ursus*. – 2007. – Vol. 18, № 1. – P. 109–116.
26. Conservation and the genetics of populations / F. W. Allendorf [et al.]. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. – 602 p.
27. Use of track counts and camera traps to estimate the abundance of roe deer in North-Eastern Italy: are they effective methods? / T. Romani [et al.] // *Mamm. Res.* – 2018. – Vol. 63, № 4. – P. 477–484.
28. Wildlife tracking data management: a new vision / F. Urbano [et al.] // *Philos. Trans R. Soc. B.* – 2010. – Vol. 365, № 1550. – P. 2177–2185.
29. A multi-species evaluation of digital wildlife monitoring using the Sigfox IoT network / T. A. Wild [et al.] // *Anim. Biotelem.* – 2023. – Vol. 11, № 1. – P. 13.
30. *Lindberg, M. S.* Satellite Telemetry in Avian Research and Management: Sample Size Considerations / M. S. Lindberg, J. Walker // *J. Wildl. Manag.* – 2007. – Vol. 71, № 3. – P. 1002–1009.
31. *Perkl, R. M.* Geodesigning landscape linkages: Coupling GIS with wildlife corridor design in conservation planning / R. M. Perkl // *Landsc. Urban Plan.* – 2016. – Vol. 156 – P. 44–58.
32. *Даглиц, В. Ю.* Анализ территориальной целостности среды обитания для некоторых видов животных белорусского Поозерья на основании индексов проницаемости, рассчитанных с использованием программного инструментария ГИС / В. Ю. Даглиц // Молодежь в науке – 2022: XIX Междунар. науч. конф. (Минск, 25–28 окт. 2022 г.): аграр., биол., гуманитар. науки и искусства, мед., физ.-мат., физ.-техн., химия и науки о Земле: тез. докл. – Минск: Беларуская навука, 2022. – С. 127–129.
33. Genomics-informed delineation of conservation units in a desert amphibian / B. R. Forester [et al.] // *Mol. Ecol.* – 2022. – Vol. 31, № 20. – P. 5249–5269.
34. Genetic structure and diversity of the capercaillie (*Tetrao urogallus*) population in Belarus in the context of de-lineation of two subspecies: major and pleskei / K. Homel [et al.] // *GEO&BIO.* – 2022. – Vol. 2022, № 22. – P. 113–128.
35. Reintroduction shapes the genetic structure of the red deer (*Cervus elaphus*) population in Belarus / A. A. Valnisty [et al.] // *Theriol. Ukr.* – 2022. – Vol. 2022, № 23. – P. 31–46.
36. *Pritchard, J. K.* Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data / J. K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly // *Genetics.* – 2000. – Vol. 155, № 2. – P. 945–959.
37. *Волнистый, А. А.* Разработка панели микросателлитных маркеров для мультиплексного генотипирования белорусских популяций благородного оленя (*Cervus elaphus*) / А. А. Волнистый // Структура и динамика биоразнообразия: материалы I Респ. заоч. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 23 дек. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: С. В. Буга (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – P. 260–263.
38. How different is different? Defining management and conservation units for a problematic exploited species / A. M. Bernard [et al.] // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 2009. – Vol. 66, № 9. – P. 1617–1630.
39. Genetic diversity of the free-living population of Przewalski's horses in the Chernobyl Exclusion Zone / E. E. Kheidorova [et al.] // *Theriol. Ukr.* – 2021. – Vol. 2020, № 20. – P. 58–66.
40. Changes in the Genetic Structure of Lithuania's Wild Boar (*Sus scrofa*) Population Following the Outbreak of African Swine Fever / L. Gričiuvienė [et al.] // *Genes.* – 2022. – Vol. 13, № 9. – P. 1561.

Поступила 07.07.2023