УДК 343.9:574 https://doi.org/10.5281/zenodo.14721282

Синчук О.В.[1], Микляева П.[1], Архипова Н.В.[1], Яротов А.Е.[2]

[1]Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
[2]Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ

Аннотация. *Изучение причин проникновения видов за пределы естественного ареала является не только предметом мониторинга профильными службами, но и представляет собой новую задачу экологической криминалистики. Это обусловлено глобальным характером проблемы и серьезными экологическими, экономическими и социальными последствиями. В статье приводятся некоторые методические подходы, в том числе биогеографические, которые можно использовать при изучении биологических инвазий. Рассмотрены некоторые аспекты фотографирования биологических объектов, их идентификации и приведены сведения о современном состоянии географического распространения Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986 и Stictocephala bisonia Kopp & Yonke, 1977 на территории Беларуси по данным GBIF. Указаны возможные подходы к оценке влияния чужеродных видов. Основные задачи следственных действий: выявление причин и оценка рисков проникновения чужеродных организмов. С целью оптимизации расследования предлагается сосредоточиться на разработке отдельных протоколов для различных групп биологических организмов с привязкой к таксонам.*
Ключевые слова: *экология, сохранение биоразнообразия, географическое распространение, биологическое загрязнение, карантинные объекты*

Sinchuk A.V.[1], Miklyaeva P.[1], Arkhipova N.V.[1], Yarotau A.E.[2]

[1]Belarusian State University, Minsk, Belarus
[2]National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University, Minsk, Belarus

METHODOLOGICAL APPROACHES IN ENVIRONMENTAL FORENSICS IN THE STUDY OF INVASIVE SPECIES

Abstract. *The study of the causes of species invasion outside their natural range is not only the subject of monitoring by specialised services, but also represents a new task of environmental forensics. This is due to the global nature of the problem and serious environmental, economic and social consequences. This article provides some methodological approaches, including biogeographic approaches that can be used in the study of biological invasions. Some aspects of photographing biological objects, their identification and information about the current state of geographical distribution of Cameraria ohridella Deschka & Dimic, 1986 and Stictocephala bisonia Kopp & Yonke, 1977 on the territory of Belarus according to GBIF data are considered. Possible approaches to assessing the influence of alien species are indicated. The main tasks of investigative actions: identification of causes and assessment of risks of invasion of alien organisms. In order to optimise the investigation, it is proposed to focus on the development of separate protocols for different groups of biological organisms with reference to taxa.*
Key words: *ecology, biodiversity conservation, geographical distribution, biological pollution, quarantine facilities*

Введение и постановка проблемы. Биологическая инвазия является глобальной экологической проблемой и угрозой для человечества [4]. Многие инвазивные виды выступают в роли биологических загрязнителей, приводя к серьезным экономическим, экологическим и социальным последствиям [11; 14]. Вселение чужеродных видов

животных, растений и микроорганизмов в природные сообщества в результате деятельности человека (интродукции) представляет собой один из типов «биологического загрязнения». Последствия биологического загрязнения, в отличие от других видов антропогенного воздействия, имеют, как правило, необратимый характер, что обусловливает особую опасность инвазионных процессов в природе [11]. В XX столетии биологические инвазии различных организмов в результате интенсификации промышленности, сельского хозяйства и экономических отношений стали причиной изменения границ биогеографических областей. Под влиянием антропогенной трансформации возникает новый процесс – антропогенная эволюция экосистем и новый тип биоразнообразия – ксеноразнообразие, образованный чужеродными видами [2].

Глобальный характер антропогенного распространения видов растений и животных все более очевиден, особенно сейчас, в эпоху глобализации процессов мирового развития, который способствует переносу большого числа не контролируемых карантинными службами организмов, в том числе патогенных [2]. С учетом того, что экологическая криминалистика направлена на применение научных методов определения источника и возраста загрязнителя [23], использование междисциплинарных подходов может оптимизировать менеджмент биологической инвазии.

Изученность проблемы. Изначально экологическая криминалистика была направлена на расследование незаконной охоты, рыбалки и рубки леса, загрязнения воздуха, вод и почв, а также нарушений правил обращения с отходами. При этом, важным результатом расследования является оценка рисков и ущерба природным ресурсам [24]. К настоящему времени в связи с определением целого ряда глобальных экологических проблем большое внимание в области экологической криминалистики уделяется биологическому загрязнению, в том числе и эпидемиологическому.

Цель и задачи работы. Целью данного исследования является рассмотрение методических подходов, которые можно использовать в экологической криминалистике для анализа причин проникновения чужеродных видов и вызываемых ими последствий.

Материалы и методы. Материалом для написания данной работы послужили собственные исследования, проведенные над различными видами чужеродных видов растений и животных в 2011–2024 гг. на территории Европы и Передней Азии. Использовались классические подходы по работе с биологическими объектами при проведении наблюдений и сборе фактического материала [5, 21 и другие]. Вместе с тем использовались современные неинвазивные подходы к изучению чужеродных видов: фотографирование, видео- и аудиофиксация [8, 10 и другие]. Полученная информация накапливалась в виде коллекционных материалов, медиатеки, а также таблиц с данными. Использовались данные Глобального информационного фонда по биоразнообразию (GBIF) [22].

Результаты и их обсуждение. С учетом причин биологической инвазии осуществляется подбор методов для экологической криминалистики. Можно указать следующие причины инвазии: строительство плотин, водохранилищ, судоходных каналов; наземный транспорт и судоходство; растущая неконтролируемая интродукция животных и растений; фрагментация природного экосистемного покрова – формирование пестрой мозаики естественных и нарушенных экосистем; эрозия почвенного покрова, освоение земель под пахотные угодья; формирование искусственных антропогенных экосистем с не устоявшимся составом флоры и фауны; спонтанное распространение видов животных и растений; изменение режимов среды на значительных площадях вследствие орошения или осушения; глобальные и локальные изменения климата [14]. Важнейшей задачей является препятствование проникновению карантинных объектов [12]. Вместе с тем, целый ряд видов перемещается за пределы естественного ареала, проявляя себя агрессивно во вторичных условиях, зачастую

формируя неконтролируемые вспышки развития популяций [2, 14]. Выявление причин инвазионных процессов и оценка рисков является важнейшей задачей экологической криминалистики по отношению к чужеродным видам.

Изначально специалисты занимаются обнаружением первичных очагов проявления чужеродных видов на новых территориях для своевременного принятия мер по выявлению причин проникновения и сдерживанию дальнейших инвазивных процессов. Выявление

Первичные исследования включают в себя обнаружение объектов, не характерных аборигенной флоре и фауне, сбор фактического материала, его фотографирование (рисунок 1) и последующую идентификацию. Изображения, полученные в природе и непосредственно под микроскопом могут быть использованы для экспресс-анализа таксономической привязки при использовании поиска по картинкам в системах Яндекс и Google. Кроме того, можно использовать настроенные на идентификацию нейронные сети проектов: iNaturalist, Observation, PlantNet. Это позволяет оперативно получать информацию о возможной таксономической принадлежности объектов. В случае загрузки информации в проект эксперты могут помочь с более точным определением видов.

При съемке стоит уделить внимание деталям, что позволит приблизиться к видовой идентификации биологических объектов. При фотографировании растений стоит уделить внимание общим планам растения, также следует провести съемку отдельных его частей: вегетативных и генеративных органов. Для грибов, формирующих плодовые тела, необходимо фотографировать объект сверху и сбоку. Важными элементами при идентификации могут служить детали строения ножки, шляпки и участок формирования спор. Часто эксперты разрезают гриб пополам и фотографируют полученный срез. Фиксируются данные о том, с какими растениями возможно формирование микоризы, а также, как и во всех случаях, определяется биотоп. Фотографирование различных видов животных, в свою очередь, является не самой простой задачей, зачастую требующей дополнительного оборудования. В том случае, если исследователь знаком с объектом, ему известно, на что необходимо обращать внимание при идентификации, и в этом случае вся съемка – это известный протокол. Например, при съемке взрослых и молодых особей бесхвостых амфибий для успешной идентификации необходимы следующие кадры: общий вид сбоку, вид снизу и нижняя сторона стопы задней конечности. Стоит отметить, что любой кадр может быть использован для определения таксона, но именно детали позволяют провести максимально возможную идентификацию. Фотографировать можно не только биологические объекты, но и следы их жизнедеятельности.

Важнейшим дополнением к фотосъемке служит их GPS привязка. При использовании мобильных устройств географические данные можно настроить, в остальных случаях необходимо вносить пометки в полевые дневники и использовать GPS-навигаторы и трекеры. При организации медиатеки рекомендуется использовать серверное пространство и облачные решения.

Сбор информации о следах жизнедеятельности [6] может также быть полезным при идентификации и для понимания причин проникновения видов. Для корректной идентификации видов важно использовать различные методы микроскопии для уточнения деталей, подтверждающих факт идентификации. Для этого можно использовать стереомикроскопию, биологическую микроскопию, трансмиссионную электронную микроскопию, сканирующую электронную микроскопию [3, 18].

Наряду с классическими подходами к идентификации видов активно используется протеомика [9] и ДНК штрихкодирование [19]. Присутствие инвазивных видов в некоторых средах может быть определено с использованием экологической ДНК (eDNA) [20].

При выявлении карантинных объектов необходимо предоставить информацию карантинным службам для быстрого принятия мер по устранению первичных очагов опасных инвазивных видов. В остальных случаях необходимо сформировать представление о географическом распространении. Для этих целей используются подходы биогеографического картографирования [7], включающие точки обнаружения, контурный метод для прорисовки границ вторичного ареала.



А



Б



В



Г

А – *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773); Б – *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, 1977; В – *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A.Gray, 1840; Г – *Solidago* sp.

Рис. 1. Фотоизображения некоторых биологических инвазивных (фотографии О.В. Синчук)

Первичная оценка ситуации по географическому распространяю может быть реализована в картосхемах с нанесенными границами исследуемой территории и точками регистрации [15]. Приводим для примера сведения о современном географическом распространении инвазивных видов (рисунок 2): *Cameraria ohridella*

Deschka & Dimic, 1986 и *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, 1977 по данным GBIF [22]. Исходя из имеющихся данных, экспансия *C. ohridella* на территории Беларуси завершена, в то же время для *S. bisonia* отмечается продолжение распространения с установлением границы ареала в пределах страны.



А Б

А – *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986; Б – *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, 1977

Рис. 2. Картосхемы распространения инвазивных видов членистоногих [по данным 22]

Таким же образом в целях прогноза внедрения новых чужеродных видов можно наносить данные на исследуемые территории Евразии. Моделирование трендов и динамики географического распространения могут строиться на точках первичной регистрации видов для новых территорий. Ежегодное нанесение новых точек регистрации позволяет рассчитать среднюю скорость инвазии организмов на новые территории и моделировать сроки проникновения опасных вредителей, а также определять примерные сроки вселения на новую территорию [16].

Дальнейший анализ включает причины проникновения чужеродных видов, которые могут быть связаны с биоэкологией организмов и антропогенной деятельностью. Например, *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) изначально использовался для биологического контроля тлей в 1969 г. в БССР, но новый вид насекомых при попадании в природные условия не смог натурализоваться. В последующем естественная экспансия произошла с территории Европы в 2011 г. [25]. Для фитофагов – вредителей основной причиной проникновения может служить некачественный посадочный материал. Изучение причин проникновения чужеродных видов и является одно из основных задач нового направления в экологической криминалистике.

Последующая научная деятельность направлена на изучение путей препятствования данному проникновению, что может сопрягаться с подготовкой методических рекомендаций для профильных служб. Оценка современного состояния и оценка рисков в зависимости от инвазивного организма может осуществляться различными методами, среди которых оценка вредоносности [13], фитосанитарного риска [17], присвоение категории чужеродным организмам [1] и другие. Полученные количественные данные характеризующие популяции организмов могут также быть нанесены на карту для визуализации и объективной оценки состояния проблемы

вселения видов животных, растений, грибов и микроорганизмов за пределы естественного ареала.

Основным результатом экологической криминалистики является устранение причин проникновения чужеродных видов, первичная оценка состояния популяций, прогнозирование возможной скорости распространения вида и последствий их вселения. После создания протокола следственных действий по анализу различных групп организмов, можно осуществить разработку программного обеспечения для внесения отдельных показателей, которые позволят быстро получать данные и принимать объективное решение. Стоит отметить, что с развитием искусственного интеллекта появляется все больше возможностей для ускорения сбора данных и их обработки, что безусловно значительно упростит процесс расследования.

В дальнейшем мониторинг инвазивных видов и состояние их популяций осуществляется профильными ведомствами и не является предметом деятельности для экологической криминалистики. Результаты работы по экологической криминалистике и мониторингу могут быть отражены в соответствующих справочно-информационных изданиях: серая и черная книги по чужеродным видам организмов.

Выводы. Использование экологической криминалистики для изучения причин биологического загрязнения (биологической инвазии) и оценки рисков только начинает выделяться в отдельное направление. Его важность обусловлена глобальностью проблемы и серьезными экологическими, экономическими и социальными последствиями биологической инвазии. Методическое сопровождение экологической криминалистики включает в себя различные междисциплинарные подходы, которые реализуются в зоологии, ботанике, микробиологии, молекулярной биологии и других научных областях. Для отдельных видов биологических объектов требуется разработка протокола следственных действий для экологической криминалистики при изучении биологических инвазий, что и будет служить предметом дальнейших изысканий.

Использованная литература:

1. Алехнович А.В., Буга С.В., Дробенков С.М., Жоров Д.Г., Макаренко А.И., Петров Д.Л., Ризевский В.К., Рогинский А.С., Рыбкина Т.Н., Сауткин Ф.В., Семенченко В.П., Синчук О.В., Янута Г.Г. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / под общ. ред. В.П. Семенченко. Минск: Беларуская навука, 2016. 105 с.

2. Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И., Зайцев В.Ф., Резник С.Я. [и др.]. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богуцкой. Москва-Санкт-Петербург: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.

3. Бисерова Н.М. Методы визуализации биологических ультраструктур. Подготовка биологических объектов для изучения с помощью электронных и конфокальных лазерных микроскопов. Практическое руководство для биологов. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 104 с.

4. Буга С.В. Чужеродные виды в фауне Беларуси: краткий конспект. Минск: БГУ, 2013. 26 с.

5. Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 339 с.

6. Гудков В.М. Следы зверей и птиц. Энциклопедический справочник-определитель. Москва: Вече, 2007. 592 с.

7. Емельянова Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование. Учебное пособие. Москва: Географический факультет МГУ, 2006. 132 с.

8. Клёнова А.В., Володин И.А. Практикум по биоакустике: Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 101 с.

9. Мальцева А.Л., Ворфоломеева М.А., Лобов А.А., Старунов В.В., Гранович А.И. Протеомика и биоразнообразие. Возможности, методы, анализ данных. Учебно-методическое пособие. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 163 с.

10. Огурцов С.С., Волков В.П., Желтухин А.С. Обзор современных способов хранения, обработки и анализа данных с фотоловушек в зоологических исследованиях // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. Т. 2, № 1. С. 73–98.

11. Панов В.Е. Биологическое загрязнение как глобальная экологическая проблема: международное законодательство и сотрудничество // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов: сборник материалов круглого стола в рамках Всероссийской конференции по экологической безопасности, Москва, 4–5 июня 2002 г. / Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН; редкол. В.В. Куценко, А.В. Яблокова. Москва, 2002. С. 22–40.

12. Решение совета Евразийской экономической комиссии № 158 от 30 ноября 2016 г. «Об утверждении единого перечня карантинных объектов Евразийского экономического союза» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]: URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F91600444 (дата обращения: 19.11.2024).

13. Сауткин Ф.В., Синчук О.В. Оценка уровня вредоносности *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859) – вредителя робинии обыкновенной (*Robinia pseudoacacia* L., 1753) в условиях зеленых насаждений разных районов интродукции растений в Беларуси // Труды БГУ. 2014. Т. 9, ч. 2. С. 110–115.

14. Семенченко В.П., Пугачевский А.В. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси // Наука и инновации. 2006. № 10. С. 15–20.

15. Синчук О.В, Буга С.В. Картирование распространения инвазивных видов животных фауны Беларуси средствами RStudio // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии [Электронный ресурс]: материалы международного научного конгресса, Республика Беларусь, 24–27 октября 2016 г. / редколлегия: С.В. Абламейко [и др.]. Минск: БГУ, 2016. С. 185–189.

16. Синчук О.В., Буга С.В. Современное распространение липовой и нижнесторонней белоакациевой минирующей молей-пестрянок (Lepidoptera: Gracillaridae) на территории Беларуси // Природные ресурсы. 2017. № 1. С. 133–141.

17. Синчук О.В., Рогинский А.С., Даниленок В.В., Гончаров Д.А., Трещева А.Б. Количественная оценка поврежденности инвазивными минирующими насекомыми листовых пластинок декоративных древесных растений: учеб. материалы. Минск: БГУ, 2016. 30 с.

18. Шалапенок Е.С., Буга С.В. Практикум по зоологии беспозвоночных: учебное пособие. Минск: Новое звание, 2002. 272 с.

19. Шнеер В.С. ДНК-штрихкодирование видов животных и растений способ их молекулярной идентификации и изучения биоразнообразия // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70, №. 4. С. 296–315.

20. Beng K.C., Corlett R.T. Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: opportunities, challenges and prospects // Biodiversity and conservation. 2020. Vol. 29, iss. 7. P. 2089–2121.

21. Davies N.M.J., Drinkell C., Utteridge T.M.A. The Herbarium Handbook: Sharing Best Practice From Across the Globe. Kew: Royal Botanic Gardens, 2024. 336 p.

22. Global Biodiversity Information Facility (GBIF) [Электронный ресурс]: URL: https://www.gbif.org/ru (дата обращения: 02.12.2024).

23. Morrison R.D., Murphy B.L. Environmental forensics: contaminant specific guide. Burlington: Elsevier Science & Technology, 2010. 541 p. (Fundamentals of Forensic Science).

24. Murphy B., Morrison R.D. eds. Introduction to environmental forensics. Amsterdam; Boston; Heidelberg; London; New York; Oxford; Paris; San Diego; San Francisco; Singapore; Sydney; Tokyo: Elsevier Academic Press, 2007. 747 p.

25. Roy H.E., Brown P.M.J., Adriaens T. [et al.]. The harlequin ladybird, Harmonia axyridis: global perspectives on invasion history and ecology // Biological Invasions. 2016. Vol. 18. P. 997–1044. DOI: 10.1007/s10530-016-1077-6.

References:

1. Alekhnovich A.V., Buga S.V., Drobenkov S.M., Zhorov D.G., Makarenko A.I., Petrov D.L., Rizevsky V.K., Roginsky A.S., Rybkina T.N., Sautkin F.V., Semenchenko V.P., Sinchuk O.V., Yanuta G.G. (2016), *Black Book of Invasive Species of Animals of Belarus*, Minsk, 105 p. (in Russ.)

2. Alimov A.F., Bogutskaya N.G., Orlova M.I., Zaitsev V.F., Reznik S.Ya. [et al.]. (2004), *Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems*, Moscow – St. Petersburg, 436 p. (In Russ.).

3. Biserova N.M. (2013), *Methods of visualisation of biological ultrastructures. Preparation of biological objects for study with electron and confocal laser microscopes. A practical guide for biologists*, Moscow, 104 p. (In Russ.).

4. Buga S.V. (2013), *Alien species in the fauna of Belarus: a brief synopsis*, Minsk, 26 p. (In Russ.).

5. Golub V.B., Tsurikov M.N., Prokin A.A. (2012), *Insect collections: collection, processing and storage of material*, Moscow, 339 p. (In Russ.).

6. Gudkov V.M. (2007), *Tracks of animals and birds. Encyclopaedic reference book-determiner*, Moscow, 592 p. (In Russ.).

7. Emelyanova L.G., Ogureeva G.N. (2006), *Biogeographic mapping. Textbook*, Moscow, 132 p.

8. Klyonova A.V., Volodin I.A. (2021), *Bioacoustics Workshop*, Moscow, 101 p. (In Russ.).

9. Maltseva A.L., Vorfolomeeva M.A., Lobov A.A., Starunov V.V., Granovich A.I. (2019), *Proteomics and Biodiversity. Possibilities, Methods, Data Analysis. Tutorial*, Moscow, 163 p. (In Russ.).

10. Ogurtsov S.S., Volkov V.P., Zheltukhin A.S. (2017), Review of modern methods of storage, processing and analysis of camera trap data in zoological research, *Nature Conservation Research. Conservation science*, vol. 2, n. 1, pp. 73–98. (In Russ.).

11. Panov V.E. (2002), Biological pollution as a global environmental problem: international legislation and co-operation, *Ecological safety and invasions of alien organisms*: Collection of materials of the round table within the framework of the All-Russian Conference on Ecological Safety, Moscow, June 4–5, 2002, Moscow, P. 22-40. (In Russ.).

12. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission No. 158 of 30 November 2016. «On Approval of the Unified List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union». – *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus*. (In Russ.). URL: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F91600444 (accessed 19.11.2024).

13. Sautkin F.V., Sinchuk A.V. (2014), Assessment of the harmfulness level of invasive leaf-miner *Phyllonorycter robiniella* (Clemens, 1859) – pest of black locust (*Robinia pseudoacacia* L., 1753) in green stands of various areas of plants introduction in Belarus, *Proceedings of the Belarusian State University*, vol. 9, iss. 2, pp. 110–115. (In Russ.).

14. Semenchenko V.P., Pugachevsky A.V. (2006.), The problem of alien species in the fauna and flora of Belarus, *Science and Innovations*, n. 10, pp. 15–20. (In Russ.).

15. Sinchuk A.V., Buga S.V. (2016), Mapping ofthe spread of invasive animal species in Belarus using RStudio, *International Congress on Computer Science: Information Systems and Technologies*: Proceedings of the International Scientific Congress, Republic of Belarus, October 24-27, 2016 / editorial board: S.V. Ablameiko [et al.], Minsk, pp. 185–189. (In Russ.).

16. Sinchuk A.V., Buga S.V. (2017), Current distribution of lime and locust leaf miner (Lepidoptera: Gracillaridae) on the territory of Belarus, *Natural resources*, n. 1, pp. 133–141. (In Russ.).

17. Sinchuk A.V., Roginsky A.S., Danilenok V.V., Goncharov D.A., Trescheva A.B. (2016), *Quantitative assessment of damage caused by invasive miniproducing insects to leaf laminae of ornamental woody plants: study materials*, Minsk, 30 p. (In Russ.).

18. Shalapenok E.S., Buga S.V. (2002), *Practical training in invertebrate zoology: textbook*, Minsk, 272 p. (In Russ.).

19. Schneer V.S. (2009), DNA barcoding of animal and plant species as a way to molecularly identify them and study biodiversity, *Journal of General Biology*, vol. 70, n. 4, pp. 296–315. (In Russ.).

20. Beng K.C., Corlett R.T. (2020), Applications of environmental DNA (eDNA) in ecology and conservation: opportunities, challenges and prospects, *Biodiversity and conservation*, vol. 29, iss. 7, pp. 2089–2121.

21. Davies N.M.J., Drinkell C., Utteridge T.M.A. (2024), *The Herbarium Handbook: Sharing Best Practice From Across the Globe*, Kew, 336 p.

22. *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (In Russ.). URL: https://www.gbif.org/ru (accessed 02.12.2024).

23. Morrison R.D., Murphy B.L. (2010), *Environmental forensics: contaminant specific guide*, Burlington, 541 p. (Fundamentals of Forensic Science).

24. Murphy B., Morrison R.D. eds. (2007), *Introduction to environmental forensics*, Amsterdam; Boston; Heidelberg; London; New York; Oxford; Paris; San Diego; San Francisco; Singapore; Sydney; Tokyo, 747 p.

25. Roy H.E., Brown, P.M.J., Adriaens, T. [et al.]. (2016), The harlequin ladybird, Harmonia axyridis: global perspectives on invasion history and ecology, *Biological Invasions*, vol. 18, pp. 997–1044. DOI: 10.1007/s10530-016-1077-6.

Сведения об авторах:

Синчук Олег Викторович – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), сокоординатор Межкафедрального центра – кафедры ЮНЕСКО по естественно-научному образованию, старший преподаватель. E-mail: aleh.sinchuk@gmail.com

Микляева Полина – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), студент магистратуры. E-mail: pmiklyaeva@gmail.com

Архипова Надежда Витальевна – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), студент магистратуры. E-mail: pznghjuk@gmail.com

Яротов Алексей Евгеньевич – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат географических наук, доцент. E-mail: yarotau@gmail.com

Information about authors:

Aleh Sinchuk – Belarusian State University (Minsk, Belarus), co-coordinator UNESCO Chair in Science Education with Emphasis on Natural Sciences, senior lecturer. E-mail: aleh.sinchuk@gmail.com

Polina Miklyaeva – Belarusian State University (Minsk, Belarus), master student. E-mail: pmiklyaeva@gmail.com

Nadzeya Arkhipova – Belarusian State University (Minsk, Belarus), master student. E-mail: pznghjuk@gmail.com

Aliaksei Yarotau – Belarusian State University (Minsk, Belarus), PhD in geography, Associate Professor. E-mail: yarotau@gmail.com

Для цитирования:

Синчук О.В., Микляева П., Архипова Н.В., Яротов А.Е. Методические подходы в экологической криминалистике при изучении инвазивных видов // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 3-4. С. 17-25.

For citation:

Sinchuk A.V., Miklyaeva P., Arkhipova N.V., Yarotau A.E. (2024), Methodological approaches in environmental forensics in the study of invasive species, *Central Asian journal of the geographical researches*, No. 3-4, pp. 17-25. (In Russ.).