

Заключение. Метапопуляция живокости высокой произрастающая в пойме р. Оболь одна из самых крупных и многочисленных в Белорусском Поозерье. Еще большая популяция живокости была выявлена нами в 2011 году в окрестностях д. Косово Витебского района на малой реке Сильница, она состояла из 40 локалитетов (отдельных ценопопуляций живокости) [3].

В результате выполненных исследований актуализирована база данных о местах произрастания охраняемых растений. Новые сведения о распространении живокости высокой (*Delfinium elatum* L.) будут использованы при подготовке 5-го издания Красной книги Республики Беларусь.

1. Маевский, П.Ф., Флора средней полосы европейской части России. 10-е издание / П.Ф. Маевский / Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2006. – С. 238.

2. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол.: И.М. Качановский (предс.), М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.] – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. Імя П. Броўкі, 2015. – С. 157-158.

3. Высоцкий Ю.И., Новые находки редких и охраняемых растений в Белорусском Поозерье / Ю.И. Высоцкий, И.М. Морозов / Наука – образованию, производству, экономике: материалы XVII (64) Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 14–15 марта 2012 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – Т.1. – С. 46 – 48. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/11505> (дата обращения: 01.02.2023)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКА

П.А. Галкин¹, А.Н. Галкин², В.С. Хомич³
¹Витебск, ВГМУ

²Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова

³Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

В современных условиях основным местом для проживания и жизнедеятельности людей являются города – *пространственно-ограниченные природно-технические геоэкосистемы (ПТГЭС), представленные сложным комплексом взаимосвязанных обменом вещества и энергии автономных живых организмов и абиотических элементов (природных и технических), создающих городскую среду жизни человека, отвечающую его биологическим, экономическим, трудовым, социальным и психологическим потребностям.* При геоэкологической оценке городской территории проводится анализ качества ее окружающей среды и тех изменений, которые произошли под воздействием техногенных факторов. Она позволяет определить степень остроты геоэкологических ситуаций и масштабов их распространения. Вариантов геоэкологической оценки для урбанизированных территорий существует достаточно много. Данную оценку проводят по набору критериев и ряду показателей определения реальных техногенных воздействий на окружающую среду города, однако проблема заключается в выборе этих критериев. Это обусловлено тем, что многие используемые критерии,

обладающие разным весом, играют различную роль во взаимодействии с природным комплексом и объектами городской инфраструктуры. Их наложение, даже с существенными коэффициентами значимости, часто приводит к неоправданному усилению влияния одного параметра, и недоучету действия другого. Завершением любого геоэкологического анализа, в том числе и оценки, является создание геоэкологических карт. Геоэкологическое картографирование – это новое направление в тематической картографии, возникшее в конце XX в., задачей которого является отражение результатов взаимодействия природы и общества, а также путей оптимизации этого взаимодействия на принципах рационального природопользования. Однако надо заметить, что к настоящему времени в науках о Земле нет единых принципов составления геоэкологических карт. Причина этого заключается в использовании различных подходов к геоэкологическим оценкам и их визуализации.

Необходимость решения всех этих проблем весьма актуальна для многих индустриальных городов Беларуси, в том числе и для Витебска – крупнейшего административного и промышленного центра севера республики. Город располагает специфической архитектурно-планировочной структурой, разветвленной транспортной инфраструктурой, что служит предпосылкой формирования многочисленных источников техногенного воздействия на окружающую среду и зон экологического риска. При этом, несмотря на определенные его особенности, г. Витебск типичен для индустриальных центров Беларуси, что позволяет распространять данный опыт разработки оценки геоэкологической обстановки в городе на другие урбанизированные территории и отдельные крупные промышленные центры страны.

Цель настоящей работы – разработать методику оценки и картографирования геоэкологической обстановки в г. Витебске с учетом естественной природной и функциональной дифференциации территории и существующей техногенной нагрузки.

Материал и методы. Фактологическую основу исследований составили материалы ранее проведенных работ по оценке геологических, геоморфологических и инженерно-геологических условий территории Витебска, техногенных воздействий на компоненты окружающей среды, устойчивости и измененности геоэкосистемы города в условиях техногенного загрязнения, а также роли функционально-планировочной организации Витебска в формировании его геоэкологической обстановки [1–4]. Основными методами исследований являлись системный анализ, функциональный подход, а также современные статистические и картографические методы обработки и представления информации (ГИС «Golden Software Surfer 8», QGIS 3.22.1).

Результаты и их обсуждение. На начальном этапе исследований с учетом дифференциации территории города на природно-технические геоэкосистемы локального уровня, проведенной на основе функционально-

территориального зонирования г. Витебска, и соответствия геоэкологических характеристик наиболее значимых компонентов городской среды общим критериям их состояния нами была создана серия тематических карт, отражающих состояние акустического и теплового полей территории, атмосферного воздуха, почвенного покрова, водных ресурсов, зеленых насаждений, пораженность экзогенными геологическими и инженерно-геологическими процессами.

Впоследствии сопоставление полученных результатов состояния компонентов городской среды по каждой выделенной ПТГЭС локального уровня позволило создать карту геоэкологической обстановки города – *пространственно-временного сочетания средообразующих природно-техногенных условий и экологических проблем, существенно влияющих на жизнь и деятельность населения*. Данная карта строилась нами с привлечением комплексного показателя геоэкологической ситуации в пределах указанных ПТГЭС (таблица, рисунок):

$$P_{гс} = 1/K_1 + 1/K_2 + 1/K_3 + 1/K_4 + 1/K_5 + 1/K_6 + 1/K_7,$$

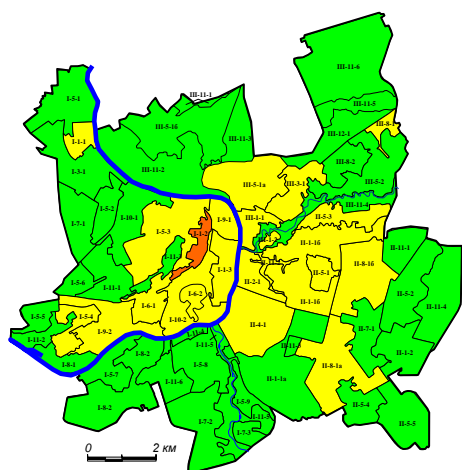
где K – численное значение критерия состояния одного из компонентов природно-технической геоэкологической системы равно 1 – норма (Н), 2 – риск (Р), 3 – кризис (К), 4 – бедствие (Б). *Индексы*: 1 – уровень звука, 2 – тепловые аномалии; состояние компонентов геоэкологической системы по отношению к химическому загрязнению: 3 – атмосферного воздуха, 4 – почвенного покрова, 5 – водных систем, 6 – зеленых насаждений; 7 – пораженность территории экзогенными процессами.

Таблица – Оценка качественного состояния геоэкологической обстановки по значению комплексного показателя $P_{гс}$

Качественное состояние геоэкологической обстановки	Значение комплексного показателя геоэкологической ситуации $P_{гс}$ (n=7)
Норма (Н)	5,51 – 7,00
Риск (Р)	3,80 – 5,50
Кризис (К)	2,31 – 3,79
Бедствие (Б)	1,75 – 2,30

Данный комплексный показатель представляет собой *нечеткую модель* – математическую модель, в основе вычисления которой лежит нечеткая логика. *К построению таких моделей прибегают в том случае, когда предмет исследования имеет весьма слабую формализацию, и его точное математическое описание слишком сложное или неизвестно*. Качество выходных значений этих моделей (погрешность модели) *напрямую зависит только от эксперта*, который составляет и настраивает модель [5]. Для минимизации ошибки наилучшим вариантом будет создание максимально полной модели с последующей ее настройкой средствами машинного обучения на обучающей выборке. Ход создания модели можно разделить на три основных этапа: 1) определение входных и выходных парамет-

ров модели; 2) формирование базы знаний; 3) выбор одного из методов нечеткого логического вывода. От первого этапа непосредственно будут зависеть два других, т.к. именно он определяет будущее функционирование модели. База знаний – это совокупность нечетких правил вида: «если, то», которые определяют взаимосвязь между входами и выходами исследуемого объекта. Количество правил в системе не ограничено и также устанавливается экспертом. Обобщенный формат нечетких правил такой: если – «условие правила», то – «заключение правила». Условие правила характеризует текущее состояние объекта, а заключение – то, как это условие повлияет на объект. Общий вид условий и заключений невозможно выделить, поскольку они определяются нечетким логическим выводом [5]. Каждое правило в системе имеет вес. Этот параметр характеризует значимость правила в модели. Весовые коэффициенты присваиваются правилу в диапазоне [0, 1]. Во многих примерах нечетких моделей, которые можно встретить в литературе, данные веса не указаны, но это не означает, что их нет. В действительности для каждого правила из базы в таком случае вес фиксирован и равен 1 [6]. Условия и заключения для каждого правила могут быть двух видов: а) простое – в нем участвует одна нечеткая переменная; б) составное – участвуют несколько нечетких переменных [5].



Индекс ПТГЭС на карте	Состояние компонентов природно-технической геосистемы							Геозекологическая обстановка
	Акустическое поле	Тепловое поле	Атмосферный воздух	Почвенный покров	Водные системы	Зеленые насаждения	Экологические процессы	
I ландшафтно-функциональная зона								
I-1-1	Р	Н	Р	Н	Р	Р	Р	Р
I-1-2	К	Р	К	Р	Р	Р	Н	К
I-1-3	Р	Р	К	Р	Р	Н	Н	Р
I-3-1	Н	Р	Н	Н	Н	Н	Р	Н
I-5-1	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
I-5-2	Р	Н	Н	Н	К	Н	Н	Н
I-5-3	Р	Р	Н	Р	К	Н	Р	Р
I-5-4	Н	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Р

Рисунок – Картосхема геозекологической обстановки на территории Витебска и фрагмент легенды к ней

В зависимости от созданной базы знаний для модели определяется система нечеткого логического вывода. *Нечетким логическим выводом* называется получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций [7].

Легенда карты геозекологической обстановки представляется в виде матрицы (рисунок). Ее заполнение по всем локальным ПТГЭС – итогов-

ми оценками геоэкологической опасности, позволяет установить общие закономерности их территориальной дифференциации.

Заключение. Предложенная методика универсальна. Она может быть использована для различных территорий с любым набором природных и техногенных факторов, определяющих состояние геоэкологической системы, при любой степени урбанизации как в ручном, так и машинном способах обработки информации.

1. Красовская, И.А. Результаты комплексных инженерно-геологических исследований территории Витебска и его окрестностей / И.А. Красовская, А.Н. Галкин, П.А. Галкин // Ученые записки ВГУ имени П.М. Машерова. – 2009. – Т.8. – С. 299–314. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/5131> (дата обращения: 25.01.2023).

2. Галкин, П.А. Функционально-планировочная организация Витебска и ее роль в оценке геоэкологической обстановки города / П.А. Галкин, И.А. Красовская, А.Н. Галкин // Веснік Брэсцкага ўн-та. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2020. – №2. – С. 60–68.

3. Особенности техногенных воздействий на геоэкологическую обстановку Витебска (Часть 1. Физическое и биологическое воздействия) / П.А. Галкин, О.А. Черкасова, Ю.Ю. Масалкова, И.А. Красовская, А.Н. Галкин // Веснік Брэсцкага ўн-та. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2021. – №1. – С. 77–85.

4. Особенности техногенных воздействий на геоэкологическую обстановку Витебска (Часть 2. Химическое воздействие) / П.А. Галкин, О.А. Черкасова, Ю.Ю. Масалкова, И.А. Красовская, А.Н. Галкин // Веснік Брэсцкага ўн-та. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2021. – №2. – С. 60–69.

5. Нечеткие системы. Справочник по языку программирования MQL5 для клиентского терминала MetaTrader 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mql5.com/ru/docs/standardlibrary/mathematics/fuzzy_logic/fuzzy_system. – Дата доступа: 25.01.2023.

6. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. с пол. И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 343 с.

7. Григорьева, Д.Р. Основы нечеткой логики / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров. – Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. – 42 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА ОГНЕВОК РОДА *EUDONIA* VILLBERG, 1820 (LEPIDOPTERA, CRAMBIDAE) НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЁРА»

*Е.А. Держинский, К.Д. Мурашкевич
Витебск, ВГУ имени П.М. Машерова*

Род *Eudonia* Villberg, 1820 из семейства травяных огневок (Crambidae) по современным данным включает более 240 видов, среди которых значительную часть составляют островные эндемики [1]. В Европе насчитывается 28 видов [2]. В Беларуси отмечено 6 [3; 4; 5], в Литве – 8, Латвии – 7 видов [6]. В европейской части России, согласно территориальному делению, принятому в Каталоге Чешуекрылых России [7], для Европейского северо-западного региона приводится 5, для Европейского центрального региона – 7, для Европейского центрально-черноземного региона – 2 вида. Для Национального парка «Браславские озёра» сведения о видовом составе представителей данного рода в литературе отсутствуют. Кроме того, указания для остальной части Беларуси требуют проверки ввиду трудности идентификации видов этого рода по внешним признакам и возможности ошибочных указаний вследствие неверного определения. Сложность определения по элементам рисунка передних крыльев обусловлена его однообразием и сходством с таковым у близкого рода *Scoparia* Haworth, 1811, а также