

Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych i modeli matematycznych do monitorowania sytuacji epizootycznej i zwalczania afrykańskiego pomoru świń (ASF)

Wiktor Kononow¹, Anatolij Kowalenko¹, Leonid Niefiediew¹, Kazimierz Tarasiuk², Zygmunt Pejsak²

z Państwowego Uniwersytetu Rolniczego w Biełgorodzie (Rosja)¹ oraz Uniwersyteckiego Centrum Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Jagiellońskiego-Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie²

Rozwój produkcji trzody chlewnej w Rosji, podobnie jak w wielu innych krajach Europy, jest od kilku lat spowolniony, przede wszystkim przez niesprzyjające warunki związane z epizootią afrykańskiego pomoru świń (ASF). W związku z brakiem innych rozwiązań w przypadku stwierdzenia ASF w populacji świń jedynym sposobem zwalczania choroby jest administracyjna likwidacja stada, czyli zabicie i utylizacja pogłowia dotkniętego ASF oraz wprowadzenie rygorów w zakresie przemieszczania i transportu trzody chlewnej w regionie wystąpienia choroby. W konsekwencji chów i produkcja świń przede wszystkim w obszarze zapowietrzonym i zagrożonym są utrudnione. Przy braku sposobów mogących wpłynąć na zablokowanie szerzenia się choroby, dalsze jej rozprzestrzenianie się może doprowadzić do likwidacji produkcji świń nie tylko w stadzie dotkniętym chorobą, ale także w innych powiązanych epidemiologicznie fermach świń, a w skrajnych przypadkach nawet w całym regionie, w którym stwierdzono ogniska ASF.

Podstawowym zadaniem między innymi inspekcji weterynaryjnej jest realizacja określonych strategii co do zwalczania i monitoringu omawianej choroby. Obejmują one takie działania, jak: kontrola przestrzegania zasad bioasekuracji przez właścicieli stad świń, kontrola obrotu zwierzętami, monitoring występowania przypadków ASF, nadzór nad poszukiwaniem i utylizacją padłych dzików, szybka diagnostyka laboratoryjna, analiza i prognozowanie ewentualnego postępu rozprzestrzeniania się choroby. Właściwa realizacja wymienionych składowych wymaga przede wszystkim precyzyjnych danych dotyczących szeregu czynników mających wpływ na szerzenie się choroby (1, 2).

Opracowany przez autorów system cyfrowy (SC) oraz jednocześnie wykorzystanie dronów – bezzałogowych statków powietrznych (BSP) – pozwalają na obiektywną ocenę ryzyka zagrożeń mających wpływ na rozprzestrzenianie się choroby (3, 4). Ryzyko to związane jest z uwarunkowaniami: geograficznymi, biologicznymi, strukturą produkcji zwierzęcej i roślinnej, położeniem gospodarstw względem lasów, gęstością dróg, zasadami zarządzania gnojnicą, obecnością zwierząt synantropijnych, kierunkami migracji zwierząt oraz gęstością populacji świń i dzików (5).

Pomimo wprowadzenia różnorodnych środków ukierunkowanych na ograniczenie szerzenia się ASF, jak

Digital system for managing the epizootic situation of African swine fever (ASF) using unmanned aircraft system

Kononow W.¹, Kowalenko A.¹, Niefiediew L.¹, Tarasiuk K.², Pejsak Z.².

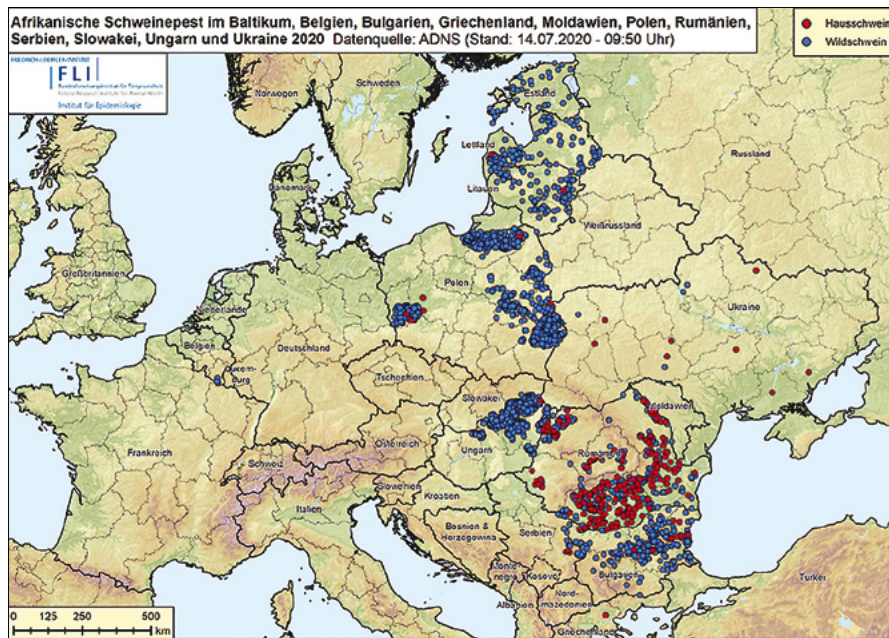
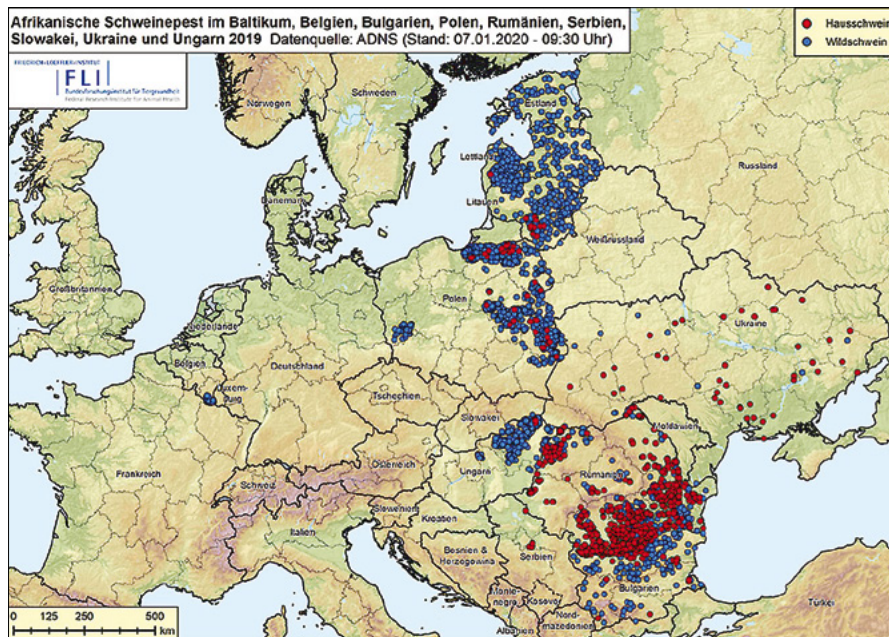
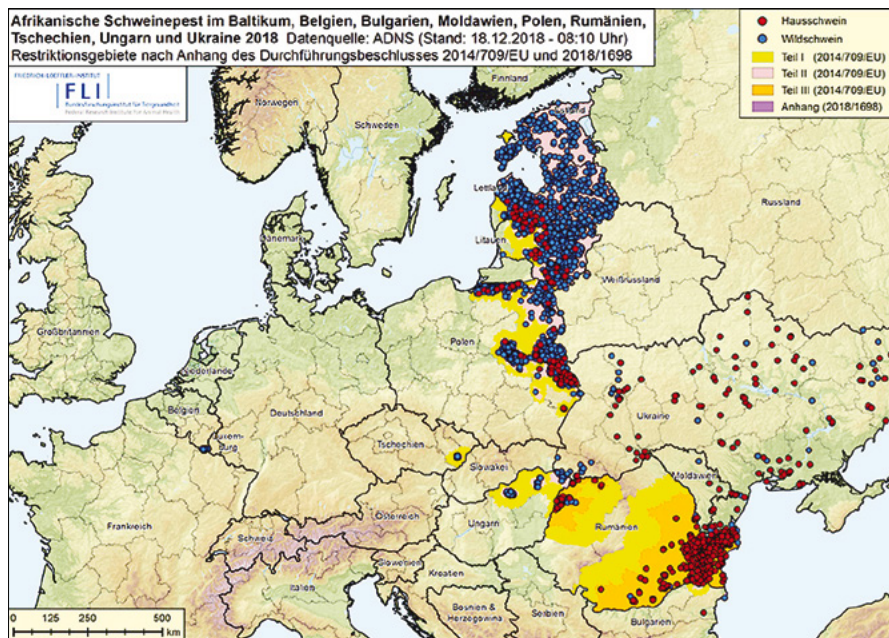
Belgorod State Agriculture University, Belgorod, Russia¹; University Centre of Veterinary Medicine JU-AU in Krakow²

This article presents the results of a project based on the digital system, developed for the advanced and onward control of African swine fever (ASF), epizootic situation. The project is based on unmanned craft system (UAS). It can be applied as a tool while taking decisions about action against ASF epizootics. It takes into account known mechanisms and factors for the spread of ASF in accordance with the general scheme of the ASFV biological cycle under natural environmental conditions. The digital system has been tested within the Belgorod region (Russia), which is affected by ASF. With the help of UAS, it enables to identify all pig units and also other animal farms, together with the boundaries of 5 km safety zones. It makes thus possible to determine risk factors for transmission of ASFV within these zones with the special focus on pig holdings located in close proximity. Taking into account all different data collected by UAS, several "information layers" have been created. Based on information layer "PIGS FARMS – agro holdings", veterinary inspection can see in real time to which agro holding or swine farm belongs. This underlies further approach to make decisions and to introduce rules, necessary to control epizootics and to prevent the spread of infection to neighboring agro holdings. The next information layer automatically indicates what crops are grown in the restricted areas, as well as near pig farms. As a result, the Digital System (DS), immediately points out those pig farms near which the food base for wild boar is grown, so where ASFV contaminated crops might be located and where from the virus might be transmitted to pig holdings. Thus, the principle of DS operation using several "information layers" allows not only to predict the spread of infection but also to offer the useful tool for undertaking and introducing necessary measures against ASF spreading.

Keywords: ASF, control, digital program, unmanned aircraft system.

dotychczas opanowanie problemu w zdecydowanej większości krajów dotkniętych tą chorobą nie jest możliwe. Można stwierdzić, że obszar Europy dotknięty ASF od początku epidemii, to znaczy od roku 2013 z roku na rok jest większy (ryc. 1).

Dzieje się tak między innymi dlatego, że nie wszystkie czynniki i mechanizmy rozprzestrzeniania się choroby są znane, a również z tego powodu, że zbieranie danych odnośnie do czynników już znanych jest z wielu obiektywnych i subiektywnych powodów niezwykle trudne, a niekiedy wręcz



niemożliwe (6). Wielokrotnie nie dysponujemy technicznymi możliwościami pozwalającymi na zebranie ważnych i niezbędnych danych. Ich brak utrudnia podejmowanie szybkich i właściwych decyzji. Konsekwencją jest wspomniana rosnąca liczba przypadków w większości krajów dotkniętych ASF, a w wielu również ognisk tej choroby (7, 8).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników badań terenowych, które przeprowadzono w regionie Białogrodu (Rosja) z wykorzystaniem nowych sposobów, zastosowanych po raz pierwszy w krajach Europy Środkowej i Wschodniej. Badania zostały ukierunkowane na ocenę nowych możliwości w zakresie zbierania i wykorzystania danych ważnych z epidemiologicznego punktu widzenia. W badaniach zastosowano opracowany we własnym zakresie Cyfrowy System Zarządzania (CSZ), służący do analizy danych zbieranych przez wyposażone w odpowiedniej jakości kamery bezzałogowe statki powietrzne.

Przy tworzeniu cyfrowego systemu zarządzania wykorzystano dane dotyczące biologicznych właściwości wirusa ASF (ASFV), wiedzę na temat znanych wektorów w szerzeniu się choroby oraz prawdopodobnych sposobów rozprzestrzenienia się epidemii (10, 11, 12). Omawiany system analizuje w czasie rzeczywistym, uwzględniając uwarunkowania mające wpływ na szerzenie się choroby.

System cyfrowy pozwala użytkownikowi na natychmiastowe, automatyczne wyznaczenie granic regionów zagrożenia ASF. Po raz pierwszy możliwe jest szybkie zlokalizowanie na mapie regionu wszystkich zagrożonych ASFV obiektów chowu świń oraz ustalenie precyzyjnych granic dla wyznaczonych stref bezpieczeństwa (strefa zapowietrzona i zagrożona).

System pozwala na ustalenie, czy w wyznaczonych strefach zlokalizowane są prawdopodobne czynniki ryzyka lub inne czynniki ułatwiające szerzenie się ASFV, a także w jaki sposób wyznaczone strefy bezpieczeństwa powiązane są z innymi obszarami, na których prowadzona jest produkcja świń.

Przy opracowywaniu systemu cyfrowego zarządzania działaniami epizootycznymi w zwalczaniu ASF

Ryc. 1. Obszary występowania ASF w Europie, w kolejnych latach epidemii. Od góry: 2018 r., 2019 r. i 2020 r. Niebieskimi kółkami oznaczono ASF u dzików, a czerwonymi – u świń

z wykorzystaniem dronów wykorzystano następujące metody:

- analizy epidemiologicznej czynników rozprzestrzeniania się ASF związanych z obecnością terytorialnie rozmieszczonych ogniw łańcucha epizootycznego ASF. Metoda opiera się na analizie danych z „warstw informacyjnych” cyfrowego systemu zarządzania oraz ich statystycznym przetwarzaniu (13);
- tworzenia ortofotoplanów obrazowych terenu za pomocą dronów, umożliwiających opracowanie map kartograficznych terenu za pomocą automatycznego fotografowania lotniczego. Fotografowanie wykonano przy użyciu drona „Geoscan 201 Agro/geodezja” i drona „Geoscan 201” z autopilotem i systemem nawigacji inercyjnej;
- wektoryzacji ortofotoplanowej do tworzenia map prezentujących lokalizację obiektów, w których utrzymywane są świnie, zbiorników wodnych, lagun z gnojowicą, dróg państwowych, regionalnych i lokalnych, granic osiedli zamieszkałych przez ludzi, pól z uprawami zbożowymi.

Ortofotoplan powietrzny wysokiej rozdzielczości został wykorzystany do stworzenia map lokalizacji wszystkich obiektów produkcji zwierzęcej na danym obszarze. Dane adresowe obiektów na ortofotoplanie zostały oznaczone i zdigitalizowane. Na tej podstawie utworzono mapy wektorowe, między innymi z dokładną lokalizacją wszystkich obiektów chowu świń i ich powiązaniem z potencjalnymi wektorami mogącymi mieć znaczenie w szerzeniu się ASF.

Każdy producent świń znajdujący się w bazie danych posiadał kartę informacyjną obiektu, w której zawarte były informacje o jego nazwie, typie chowu (cykl zamknięty, otwarty), wielkości stada, ewentualnej przynależności do określonego agroholidingu oraz inne.

Dodatkowo, metoda wizualnej detekcji została wykorzystana do stworzenia mapy lokalizacji akwenów, lagun z gnojowicą, granic pól, granic lasów, umiejscowienia i wielkości obszarów upraw zbóż, w tym

przede wszystkim kukurydzy, lokalizacji wszystkich skupisk domostw i innych.

Do tworzenia map dróg o znaczeniu państwowym, regionalnym i lokalnym wykorzystano dostępne szczegółowe mapy, uwzględniające natężenie ruchu oraz powiązania dróg z obiektami produkcji rolnej.

W wyniku digitalizacji (cyfryzacji) danych w bazie cyfrowego systemu zarządzania zostały utworzone odpowiednie „warstwy” danych.

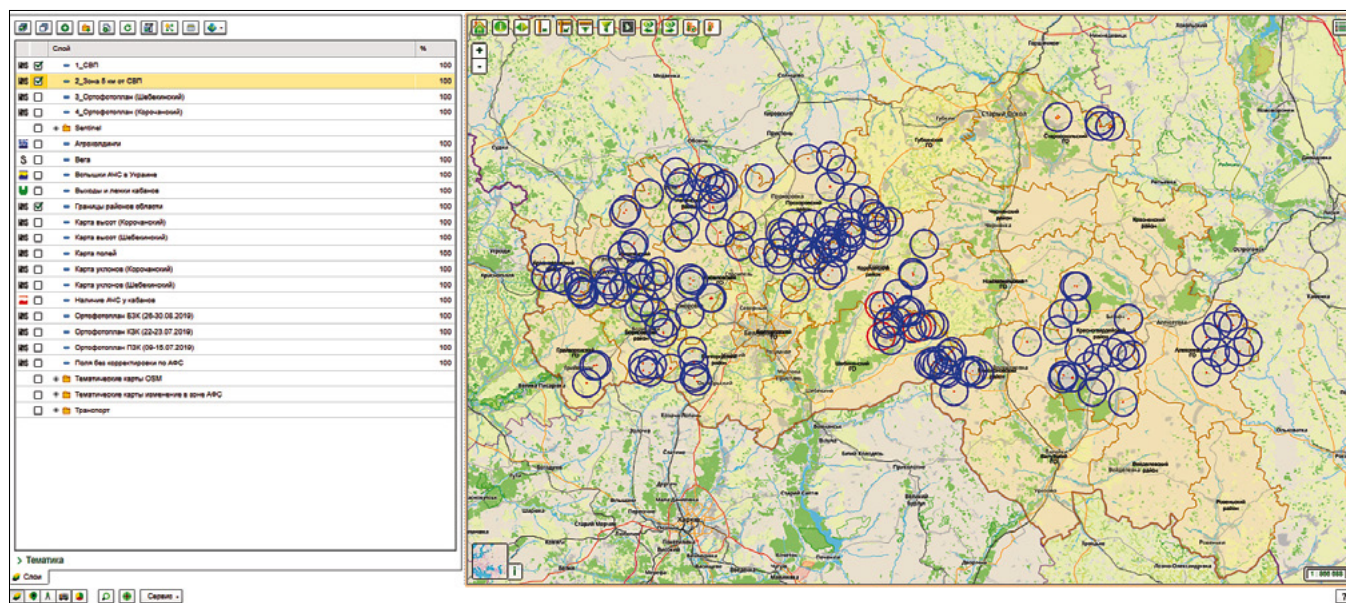
Wyniki badań

Dane zebrane z wykorzystaniem dronów wraz z cyfrowym systemem zarządzania zostały użyte jako narzędzie w zwalczaniu ASF w regionie Białgorodu. Region ten charakteryzuje się dużą gęstością chlewni wielkotowarowych, znajduje się tam około 200 obiektów. Wspomniany obszar dotknięty jest ASF.

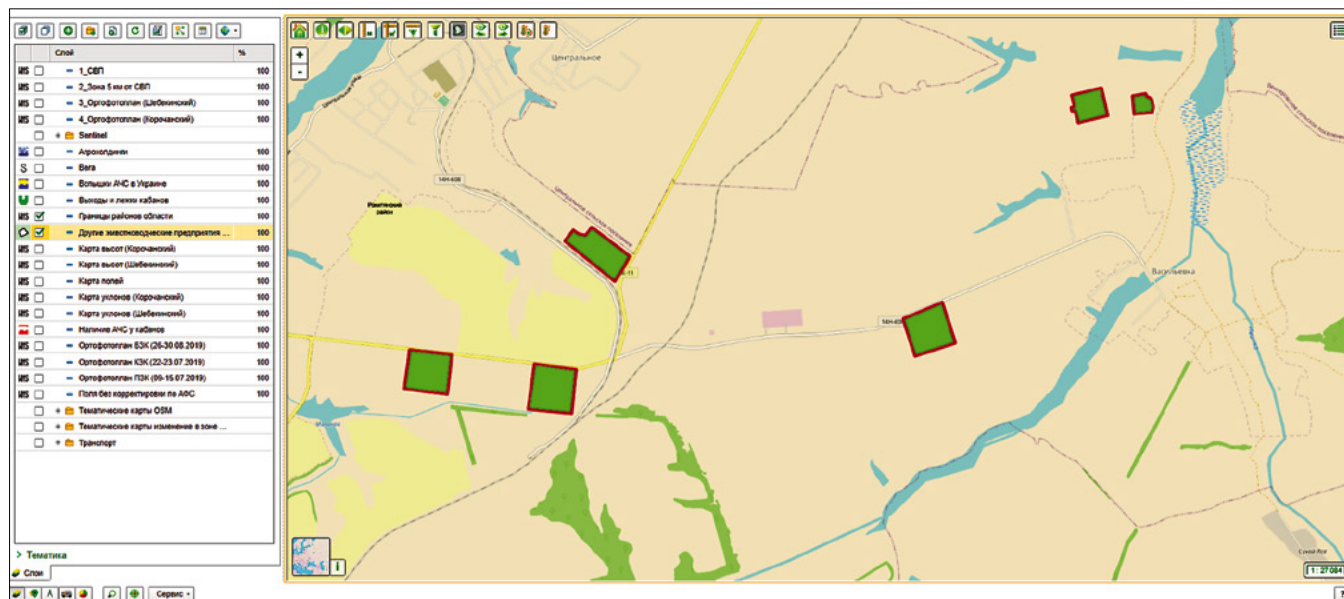
Opracowany system cyfrowy pozwolił na oszacowanie zagrożenia epidemiologicznego gospodarstw zlokalizowanych w regionie Białgorodu (ryc. 2).

Z danych przedstawionych na rycinie 2 wynika, że w regionie szebekińskim (woj. Białgorod) stwierdzono trzy ogniska ASF, które zaznaczono na czerwono. Pierwsze ognisko, wykryte we wrześniu 2017 r., zlokalizowane było w chlewni „Tiureńskij”, po czterech miesiącach (8 grudnia 2017 r.) wykryto drugie ognisko w obiekcie „Iwica” znajdującym się w bezpośredniej bliskości granicy strefy pierwszego ogniska. W lipcu 2018 r. doszło do dalszego rozprzestrzeniania się choroby; stwierdzono trzecie ognisko zlokalizowane w tuczarni „Bułanowski”, która znajduje się w pierwszej strefie zagrożenia.

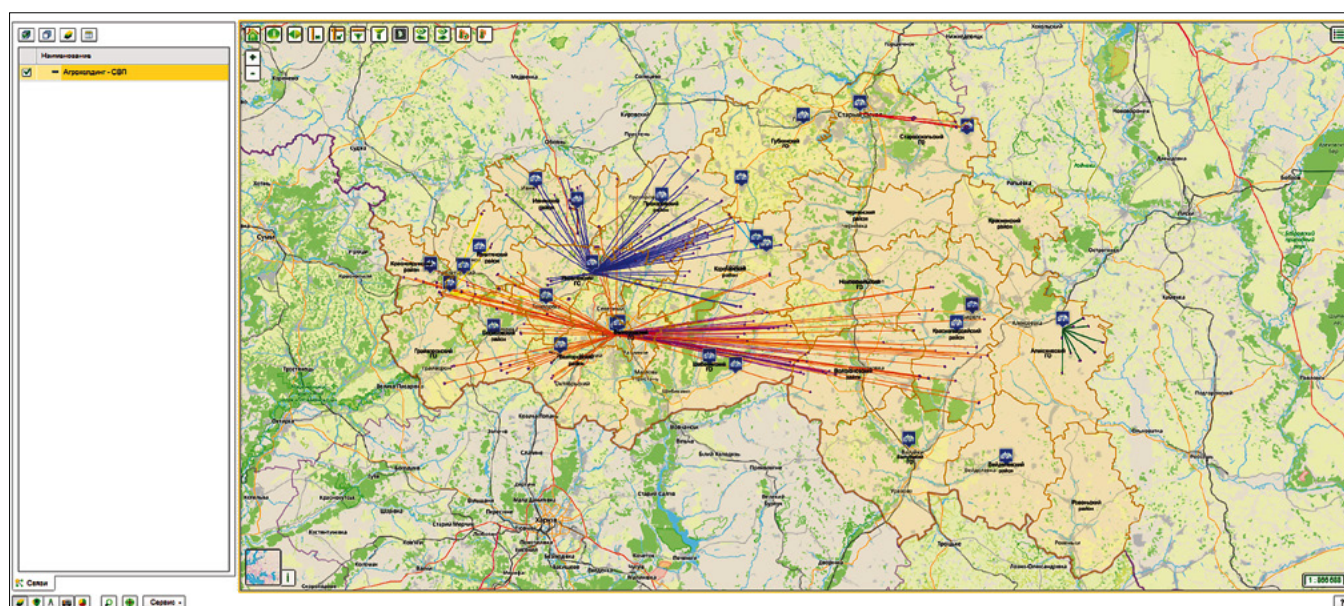
Porównanie fragmentów map epizootycznych strefy szebekińsko-koroczańskiej z 10 września 2017 r. i 18 grudnia 2017 r. wykazało, że poziom zagrożenia po drugim wybuchu ASF wzrósł, ponieważ na obszarze tym w stosunkowo niewielkiej odległości od siebie (11 km) znajdowały się dwa ogniska choroby, które pojawiły się w odstępie czterech miesięcy.



Ryc. 2. Lokalizacja ferm trzody chlewnej i wyznaczonych 5-kilometrowych stref zagrożonych wokół obiektów



Ryc. 3. Lokalizacja innych niż chlewnie gospodarstw rolnych utrzymujących zwierzęta gospodarskie



Ryc. 4. Lokalizacja ferm należących do poszczególnych agroholdingów

Na podstawie zebranych danych wyznaczono regiony, w których powinny być wdrożone rygorystyczne środki przeciwpizootyczne niezależnie od statusu kompartментu. Zebrane dane uwiaryściły, że największe zagęszczenie producentów trzody chlewnej jest w powiecie prochorowskim, woj. Białgorod. W dalszej kolejności znalazły się powiaty rakitiński, borisowski oraz iwniński. We wszystkich wymienionych powiatach prawdopodobieństwo wystąpienia ASF było najwyższe. Z tego powodu konieczne było wprowadzenie dodatkowych działań przeciwpizootycznych w celu skuteczniejszej ochrony zlokalizowanych na tym obszarze stad świń. Wykazano jednocześnie, że najmniejsza liczba producentów świń umiejscowiona jest w rejonie starooskolskim. Stada w tym regionie zlokalizowane były w dużej odległości od innych gospodarstw, w związku z czym nie było uzasadnienia na wprowadzania tam nadzwyczajnych

środków ochronnych, co zawsze utrudnia produkcję zwierzęcą.

Na podstawie zebranych danych po raz pierwszy w czasie rzeczywistym możliwe było błyskawiczne wyznaczenie obszarów zagrożonych w regionach, w których zlokalizowane są pasy leśne, gdzie mogą występować naturalne źródła patogenu ASF – dziki.

Dostępne dane pozwoliły na szybką analizę sytuacji, uprościły zarządzanie postępowaniem przeciwpizootycznym i umożliwiły skoncentrowanie działań w obiektach zlokalizowanych na obszarach, na których występuje duże zagęszczenie producentów trzody chlewnej i dzików powiązanych z regionami dotkniętymi ASF.

Kolejna opracowana warstwa informacyjna cyfrowego systemu zarządzania pozwalała na identyfikację innych gospodarstw hodowlanych (obory bydła mlecznego, opasowego i fermy drobiu), które mogą przyczynić się do mechanicznego rozprzestrzeniania się



Ryc. 5. Lokalizacja pól, na które wywożona jest gnojowica z poszczególnych ferm trzody chlewnej

zakażenia (np. środkami transportu) ze względu na mające miejsce powiązania z gospodarstwami trzody chlewnej zlokalizowanymi w ich 5-kilometrowych strefach zagrożenia (ryc. 3).

Jest oczywiste, że również działalność gospodarstwa innych przedsiębiorstw hodowlanych może przyczynić się do szerzenia się ASFV na danym terytorium. Poza tym do gospodarstw tych należą pola z uprawami zbożowymi stanowiącymi doskonałą bazę paszową dla dzików. Zlokalizowane są tam też otwarte laguny z odchodami z chlewni. W konsekwencji wektorami mechanicznymi ASFV mogą tam być między innymi zwierzęta synantropijne (gryzonie, ptaki, muchy etc.), które mogą ulec zanieczyszczeniu ASFV z lagun – w przypadku obecności tam tego wirusa.

Korzystając z kolejnej warstwy informacyjnej „Agroholdingi”, można w ciągu kilku sekund określić, do którego agroholdingu należy określony procent świń (ryc. 4).

Zebrane w tym zakresie dane pozwalają w możliwie najkrótszym czasie przeanalizować istniejące powiązania i w ślad za tym opracować adekwatne programy przeciwepidemiczne i w konsekwencji nie dopuścić do szerzenia się choroby w obrębie agroholdingu. Dostępne z tego zakresu dane pozwalają równocześnie na podjęcie natychmiastowych działań zapobiegawczych, chroniących przed ASF sąsiednie holdingi. Przykładowo, na mapie wyraźnie zauważalne jest największe zagęszczenie szlaków komunikacyjnych krzyżujących się między producentami trzody chlewnej z różnych holdingów zlokalizowanych w powiecie szebekińskim i biełgorodzkiem, co może przyczynić się do rozprzestrzenienia się ASF między tymi agroholdingami.

Z kolei zwraca uwagę fakt, że agroholdingi rejonu aleksiejewskiego i starooskolskiego nie mają krzyżujących się relacji gospodarczych pomiędzy innymi i w konsekwencji nie wymagają wprowadzania dodatkowych, szczególnych działań ukierunkowanych na zabezpieczenie stad przed ASF szerzącym się drogą transportu.

Dzięki zastosowaniu bezzałogowych systemów powietrznych powstała ważna z epizootycznego punktu widzenia możliwość szybkiego powiadomienia właścicieli chlewni (agroholdingów) o konieczności wspólnych działań w celu zapobiegania rozprzestrzenianiu się ASF, co istotnie zwiększa ich skuteczność.

Kolejna warstwa informacyjna mapy pól opracowana za pomocą cyfrowego systemu zarządzania przedstawia w czasie rzeczywistym, jakie rodzaje upraw zbożowych zlokalizowane są wokół obiektów chowu świń oraz w pierwszej i drugiej strefie zagrożenia. Dane na ten temat pozwalają ocenić zagrożenie związane z obecnością zbóż (przede wszystkim kukurydzy) sprzyjających przebywaniu tam dzików. Zastosowanie w dronach odpowiednich kamer umożliwia wykrycie legowisk watah dzików w 5-kilometrowej strefie zagrożenia w otoczeniu tuczarni „Osinowaja Roszcza”. Widoczne są także skupiska padłych dzików. Przede wszystkim dziki padłe, ale także żywe mogą być źródłem ASFV, który może zostać przeniesiony do stada świń mechanicznie przez ptaki, prawdopodobnie też przez muchy, gryzonie i inne nie rozpoznane synantropijne wektory.

Kolejną opracowaną warstwą informacyjną jest mapa dróg wywożenia gnojowicy z chlewni i mapa pól zlokalizowanych w strefie zagrożenia, na których rozlewana jest gnojowica (ryc. 5). W regionach występowania ASF zawsze istnieje prawdopodobieństwo zanieczyszczenia gnojowicy ASFV.

Wykorzystując dane dotyczące ogniska ASF w 2018 r. w chlewni „Tambowski Bekon”, cyfrowy system zarządzania pozwolił przewidzieć pojawienie się ogniska ASF w wielkotowarowej fermie „Bałanowski Reprodaktor”.

Można stwierdzić, że wykorzystanie utworzonych dzięki użyciu dronów poszczególnych „warstw informacyjnych” oraz zastosowanie odpowiednich modeli matematycznych i cyfryzacja danych stwarzają szansę na szybką analizę zebranych informacji oraz przewidywanie dróg rozprzestrzenienia się

zakażenia z ogniska ASF. Stworzony program daje szansę podjęcia szybkich działań przeciwepidemiologicznych w ważnych z epidemiologicznego punktu widzenia miejscach. Jednocześnie uwidocznione zostają regiony o mniejszym ryzyku wystąpienia ASF u świń, co pozwala na niewprowadzanie tam niekonicznych, a mocno ograniczających produkcję restrykcji.

W podsumowaniu można stwierdzić, że opracowany, uwzględniający wieloczynnikowość zagrożeń i sposobów rozprzestrzeniania się ASF – cyfrowy system zarządzania epidemią, oparty na matematycznym modelu rozprzestrzeniania się ASF, może być jednym z przydatnych narzędzi w zwalczaniu choroby. Opracowany system pozwala na obiektywną ocenę sytuacji epidemiologicznej w regionie występowania ASF oraz skrócenie czasu podejmowania stosownych epidemiologicznie i uzasadnionych ekonomicznie decyzji związanych ze zwalczaniem tej choroby, utrudniającej i dewastującej w wielu krajach produkcję świń.

Prezentując nową możliwość wspomagania pracy epidemiologów, autorzy zwracają uwagę, że najbardziej nieprzewidywalnym czynnikiem w rozprzestrzenianiu się ASF, szczególnie na duże odległości, jest działalność człowieka. Nauka i praktyka nie dysponują i prawdopodobnie nigdy nie będą dysponować narzędziami, które będą w stanie przewidzieć, jak człowiek zachowa się w określonej sytuacji. Z tego powodu rozwój sytuacji epidemiologicznej ASF w Europie, w tym w Polsce, jest, mimo dysponowania coraz lepszymi narzędziami, w znacznym stopniu nieprzewidywalny.

Piśmienictwo

1. Pejsak Z., Trusczyński M.: *Afrykański pomór świń*. Wydawnictwo PIWet-PIB, Puławy, 2016.
2. Kazakowa A.C., Kazakowa A.S.: Test-system do szybkiej diagnostyki afrykańskiego pomoru świń metodą immunoblottingu z rekombinowanym białkiem P 30. *Vierteljahrsschrift für Tierärztliche Heilkunde* 2014, 9, 52–55 (po rosyjsku).
3. Anonim. *Algorytm działania Weterynaryjnej Służby Państwowej podmiotów miejskich wchodzących w skład Federacji Rosyjskiej w przypadku zagrożenia epizootią afrykańskiego pomoru świń*. Wydawnictwo Państwowego Instytutu Agrarnego, Sankt Petersburg, 2013 (po rosyjsku).
4. Prudnikov S.I., Doczenko A.S., Prudnikova T.M.: *Zalecenia metodologiczne. Afrykański pomór świń*. Państwowy Instytut Weterynaryjny, Nowosybirsk, 2009 (po rosyjsku).
5. Mur L., Sánchez-Vizcaino J.N., Fernández-Carrión E., Jurado C., Rolles S.: Understanding African swine fever infection dynamics in Sardinia using a spatially explicit transmission model in domestic pig farms. *Transb. Emerg. Dis.* 2018, 65, 123–134.
6. Nel P., Righarts M.: Natural disaster and the risk of violent civil conflict. *Int. Stud. Quart.* 2007, 52, 159–185.
7. Chenais E., Depner K., Guberti V., Dietze K., Viltrop A., Stahl K.: Epidemiological considerations on African swine fever in Europe 2014–2018. *Porc. Health Manag.* 2019, 12, 235–237.
8. Dixon L.K., Sun H., Roberts H.: African swine fever. *Antivir. Res.* 2019, 165, 34–41.
9. Cwynar P., Stojkov J., Wlazlak K.: African Swine Fever Status in Europe. *Viruses* 2019, 11, 310–312.
10. Guinat C., Gogin A., Blome S., Keil G., Pollin R., Pfeiffer D.U.: Transmission routes of African swine fever virus to domestic pigs: current knowledge and future research directions. *Vet. Rec.* 2016, 178, 262–267.
11. Sánchez-Vizcaino J.M., Arias M.: African swine fever. W: Zimmerman J.J., Karriker L.A., Ramirez A., Schwartz K.J., Stevenson G.W.: *Diseases of Swine*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 10th ed., 2018.
12. Gallardo M.C., Reoyo A.T., Fernández-Pinero J., Iglesias I., Muñoz M.J., Arias M.L.: African swine fever: a global view of the current challenge. *Porc. Health Manag.* 2015, 1, 21–24.
13. Kapustin S.I.: *System środków antyepizootycznych w odniesieniu do afrykańskiego pomoru świń dla gospodarstw trzody chlewnej w regionie Woroneża*. Wydawnictwo Państwowego Uniwersytetu Agrarnego im. Piotra I, Woroneż, 2015 (po rosyjsku).