



SŁUPSKIE
PRACE
GEOGRAFICZNE

18

AKADEMIA POMORSKA W SŁUPSKU



SŁUPSKIE
PRACE
GEOGRAFICZNE

18

Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Turystyki
2021

Ślupskie Prace Geograficzne
Nr 18/2021

Komitet Redakcyjny

Redaktor naczelny: Iwona Jażewicz

Członkowie: Tadeusz Ciupa, Antoni Jackowski, Michał Jasiulewicz, Ivan Kirvel,
Aleksander Kuczabski, Andrzej Matczak, Ivan Pirozhnik, Eugeniusz Rydz, W. Szymańska,
Adam Wojciechowski
Sekretarz: Grażyna Dederko

Komitet Naukowy

Vasyl Dzhaman (Ukraina), Vasile Efros (Rumunia), Waław Florek (Polska), Fernando Almeida Garcia (Hiszpania),
Stanisław Musielak (Polska), Tadeusz Palmowski (Polska), Olegas Pustelnikovas (Litwa), Marin Rusev (Bułgaria),
Jadranka Brkic Vejmelka (Chorwacja), Josef Zelenka (Czechy)

Redaktorzy tematyczni

Marek Majewski (w zakresie geografii fizycznej)
Anna Wiśniewska (w zakresie geografii społeczno-ekonomicznej)

Redaktor statystyczny

Tomasz Michalski

Recenzenci Nr 18

Tetiana Basiuk (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine), Tadeusz Bocheński (Uniwersytet Szczeciński), Adam Choiński (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu), Nikolay Dayneko (F. Skorina Gomel State University, Belarus), Robert Faracik (Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie), Anatoli Hurynovich (Politechnika Białostocka), Szeszko N. Ivanovich (Brzeski Państwowy Uniwersytet Techniczny, Brest, Białoruś), Galymzhan Zh. Kenzhetaeyev (International Information Technologies University, Almaty, Kazakhstan), Vasyl M. Korbutiak (National University of Water and Nature, Rivne, Ukraine), Viktor Melnyk (Instytut Badań Zasobów Naturalnych Akademii Nauk Białorusi), Valentyn Yatsukhno (Państwowy Uniwersytet Białoruski, Mińsk, Belarus), Piotr Lopuch (Belarusian State University, Minsk, Belarus), Leszek Łęczyński (Uniwersytet Gdański), Vitalii Martyniuk (Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine), Monika Privelli (Uniwersytet Szczeciński), Zbigniew Rdzany (Uniwersytet Łódzki), Andriy Romaniv (International University of Economics and Humanities Academician Stepan Demianchuk, Rivne, Ukraine), Akmaral K. Serikbayeva (Caspian State University of Technologies and Engineering, Aktau, Kazakhstan), Valentina Shevchenko (National University «Chernihiv Collegium» named after T.G. Shevchenko, Chernihiv, Ukraine), Ewa Smolska (Uniwersytet Warszawski), Maciej Tarkowski (Uniwersytet Gdański), Borys P. Vlasov (Belarusian State University, Minsk, Belarus), Valentyn Yatsukhno (Państwowy Uniwersytet Białoruski, Mińsk)

Redakcja, korekta i skład

Oficyna Wydawnicza Edward Mitek

Projekt okładki: Iwona Pasamonik

Zdjęcia: Jerzy Znaniecki

ISSN 1641-8468

DOI: 10.34858/spg.18.2021

Wersja papierowa czasopisma jest wersją pierwotną.
Czasopismo w wersji on-line znajduje się na stronie www.spg.apsl.edu.pl
Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Słupsku
ul. K. Arciszewskiego 22a, 76-200 Słupsk
tel. 0 59 84 05 378, 0 59 84 05 375; faks 0 59 84 05 378
www.wydawnictwo.apsl.edu.pl e-mail: wydaw@apsl.edu.pl

Druk i oprawa: volumina.pl Daniel Krzanowski
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08
Obj. 10 ark. wyd., format B5, nakład 100 egz.

Wacław Florek

Poznań
wacflor@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7061-8832

Marek Majewski

Akademia Pomorska w Słupsku
Polska
marek.majewski@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-3761-4239

ELEMENTY GEOTURYSTYCZNE NA SZLAKU PIASTOWSKIM

GEOTOURISM ELEMENTS ON PIAST'S TRAIL

Zarys treści: W artykule przedstawiono obiekty i zagadnienia geoturystyczne lokalizacyjnie powiązane ze Szlakiem Piastowskim, który tradycyjnie uważany jest za obiekt służący szkolnej i pozaszkolnej edukacji w zakresie historii średniowiecza i początków Polski Piastów. Badaniom archeologicznym prowadzonym przez lata na obiektach znajdujących się na Szlaku Piastowskim towarzyszyły prace geologiczne, geomorfologiczne i paleogeograficzne, odnoszące się przede wszystkim do rozwoju środowiska Wielkopolski i Kujaw od ostatniego zlodowacenia po czasy współczesne. W opinii autora włączenie rezultatów tych badań do materiałów prezentowanych turystom i uczniom odwiedzającym Szlak Piastowski może dać lepszą podstawę do zrozumienia zależności pomiędzy rozwojem Polski Piastów a jego środowiskowym uwarunkowaniem. Ma to duże znaczenie dla wykorzystania geostanowisk i opisanych zagadnień w edukacji szkolnej i pozaszkolnej – historycznej, geograficznej i regionalnej.

Słowa kluczowe: geoturystyka, Szlak Piastowski, dziedzictwo kultury, erratyki, Wielkopolska

Key words: geotourism, Piast's Trail, cultural heritage, erratic boulders, Greater Poland

Wstęp

Obiekty turystyczne oferowane odwiedzającym zaliczyć można niemal bez wyjątku do kategorii historycznych: grodziska, osady i ich mniej lub bardziej kompletne rekonstrukcje, kościoły, katedry, budowle obronne, oraz różnej klasy obiekty muzealne [W. Łęcki 2016; Szlak Piastowski... 2020]. Taki ich zestaw powoduje, że adresatami są osoby uprawiające turystykę kulturalną, ściślej – poznawczą [W.W. Gaworecki 1998], wśród których największą grupę stanowią uczniowie szkół różnej rangi, dla których wycieczki Szlakiem Piastowskim stanowią uzupełnienie edukacji historycznej i regionalnej (to ostatnie dotyczy uczniów z obszaru Wielkopolski i Kujaw).

Wśród atrakcji turystycznych polecanych przez autorów przewodników są wprawdzie obiekty o charakterze przyrodniczym, jak np. Palmiarnia Poznańska, Park Krajobrazowy Promno, Ośrodek Edukacji Przyrodniczej w Łądzie [W. Łęcki 2016; A.M. von Rohrscheidt 2016], ale widać zupełny brak odniesień do przyrody nieożywionej i paleogeografii, nawet w bardzo obszernych i rzetelnych opracowaniach, jak monografia autorstwa A.M. von Rohrscheidta [2013].

Głównym celem autorów było wykazanie, iż ważnym i pożytecznym uzupełnieniem programów wycieczek odbywanych Szlakiem Piastowskim byłoby włączenie do nich elementów geoturystycznych.

1. Geoturystyka a turystyka kulturowa

Pojęcie turystyki poznawczej i kulturowej traktowane są zamiennie bądź też jedno z nich uznawane jest jako nadrzędne [W.W. Gaworecki 1998]. Geoturystyka z kolei bywa traktowana jako rodzaj turystyki poznawczej [W. Kurek (red.) 2007], a razem z turystyką kulturową są też rozumiane jako składowe turystyki zrównoważonej [W. Zgłobicki i in. 2015]. Widać więc spore zamieszanie w klasyfikacji form turystyki. Sprzyja temu utrwalone w literaturze podejście do podziału walorów turystycznych środowiska; zwykle dzieli się je na te, które powstały bez ingerencji człowieka i będące dziełem rąk ludzkich [T. Lijewski i in. 1985].

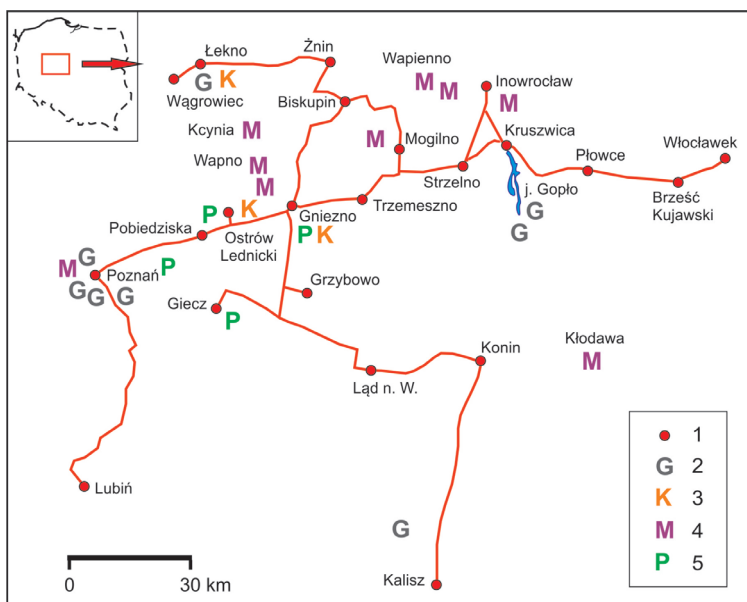
Również obecne w literaturze definicje geoturystyki nie są jednoznaczne; rozumie się ją jako gałąź turystyki poznawczej, bazującej na poznawaniu obiektów i procesów geologicznych [T.A. Hose 1995], bądź jako turystykę mającą na celu propagowanie wyjątkowego geograficznego charakteru danego miejsca – jego środowiska, kultury, dziedzictwa, z korzyścią dla lokalnych społeczności [National Geographical Society]. Ta druga definicja jest jednak zbyt zbliżona do definicji turystyki zrównoważonej. W tej sytuacji lepszą wydaje się propozycja D. Newsoma i in. (2005), którzy geoturystykę wiążą z „geologią, geomorfologią i naturalnymi cechami krajobrazu, w tym formami rzeźby terenu, skamieniałościami, skałami i minerałami, z naciskiem na wyjaśnienie i zrozumienie procesów, które kształtowały i kształtują te elementy środowiska”.

Obecnie coraz więcej autorów zwraca uwagę na fakt, że wiele walorów turystycznych mających genezę antropogeniczną jest ściśle powiązanych z naturalnymi obiektami geologicznymi, czy elementami rzeźby terenu, bądź zostały wykonane

z surowców naturalnych. W konsekwencji powiązanie walorów geologicznych i kulturowych w jeden produkt turystyczny może być podstawą różnych form turystyki oraz wzmocnienia jej roli poznawczej i edukacyjnej [W. Zgłobicki i in. 2015]. Związki geoturystyki i turystyki kulturowej szczególnie widoczne są w miastach [P. Zagożdżon 2015] i na terenach pogórnicych.

2. Elementy geoturystyczne na Szlaku Piastowskim

Na Szlaku Piastowskim i w jego bliskim sąsiedztwie znaleźć można wiele obiektów geoturystycznych o charakterze petrograficznym i mineralogicznym, w tym miejsc pozyskiwania surowców mineralnych, liczne są też świadectwa działalności łądolodu skandynawskiego i jego wód roztopowych, a także pozostałości rozwoju środowiska w ciągu ostatnich kilkunastu tysięcy lat czy wreszcie ślady upadku meteorytu. Ich lokalizację na tle rozmieszczenia głównych miejscowości leżących na Szlaku Piastowskim przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja proponowanych przez autorów obiektów geoturystycznych na tle położenia głównych obiektów Szlaku Piastowskiego: 1 – główne miejscowości Szlaku Piastowskiego, 2 – głazy polodowcowe, 3 – średniowieczne kościoły i palatia wybudowane z użyciem głazów polodowcowych, 4 – inne surowce skalne i mineralne, 5 – stanowiska opracowane pod względem paleogeograficznym

Fig. 1. The location of the geotourist objects proposed by the authors against the background of the main objects of the Piast Route: 1 – the main towns of the Piast Trail, 2 – glacial boulders, 3 – medieval churches and palatas built with the use of glacial boulders, 4 – other rock and mineral resources, 5 – paleogeographically developed sites

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

2.1. Skały polodowcowe i powstałe z nich budowle

Na obszarze całego Polskiego Niziu, a więc i na terenie objętym świadectwami działalności pierwszych Piastów licznie występują różnych rozmiarów okruchy skalne. Te największe określane są mianem gładów narzutowych. Najbliżej Szlaku Piastowskiego położone są gładzi nazwane Piast i Gład Ognia. Obydwa leżą po południowo-wschodniej stronie jeziora Gopło i są okruchami granitu Småland. Na powierzchni Gładzi Ognia wyryta jest odwrócona swastyka, co sugeruje jego wykorzystanie kulturowe już w czasach przedchrześcijańskich. Większe gładzi znajdują się w Poznaniu, na terenie Ogrodu Botanicznego UAM, w Rogalinie, Gład Prof. A. Wodziczko w Wielkopolskim Parku Narodowym i Gład Św. Wojciecha w Budziejewku [M. Górską-Zabielską 2015]. Pod względem edukacyjnym najbardziej wartościowe jest lapidarium petrograficzne w Jeziorach. Podobną wartość merytoryczną ma grobowiec megalityczny z Kierzkowa na Pałukach, przebadany pod względem petrograficznym przez M. Górską-Zabielską [2017]. Z kolei gładzi występujące w pobliżu Łekna zostały przebadane pod względem petrologicznym w kontekście użycia ich w średniowiecznym budownictwie [J. Skoczylas 2006].

Gładzi mniejszych rozmiarów znalazły zastosowanie w budownictwie, a jeszcze mniejsze w budownictwie drogowym (znane jako „kocie łby”). Skały zastosowane w budownictwie były wykorzystywane jako materiał budowlany, okładzinowy, tworzywo dla rzeźb i innych kamiennych przedmiotów o znaczeniu historycznym, archeologicznym czy etnograficznym. Są one wówczas przedmiotem zainteresowania petroarcheologii czy petroarchitektury [J. Skoczylas 2011]. Na Szlaku Piastowskim mamy liczne przykłady wczesnośredniowiecznych, kamiennych kościołów i palatiów, które zostały wzniesione w Poznaniu, Gnieźnie, Gieczu, Łeknie czy Ostrowie Lednickim, wzniesionych z miejscowych gładów narzutowych [J. Skoczylas 1990, 2011]. Ich obrobione powierzchnie mogą zostać wykorzystane w edukowaniu w zakresie mineralogii i petrografii skał skandynawskich.

2.2. Inne surowce mineralne i ich wykorzystanie

Wspomniane wcześniej gładzi były we wczesnym średniowieczu spajane zaprawą gipsową. Przez wiele lat zagadką pozostawało pochodzenie owego gipsu; dopiero badania izotopowe ostatecznie rozstrzygnęły, że źródłem gipsu i anhydrytu było złożo wieku permskiego położone w Wapnie, które w XIX wieku było eksploatowane na skalę przemysłową [A. Skoczylas 1990]. Warstwa gipsu, dochodząca niemal do powierzchni, wieńczyła wysad solny, z którego pozyskiwano sól kamienną głównie w XX wieku.

Niemal na samym Szlaku Piastowskim, na zachód od Inowrocławia położone jest złożo wapieni i margli górnójurajskich, które od roku 1858 były eksploatowane najpierw w Wapienniu, później w nieczynnych dziś kamieniołomach Bielawy i Piechcin, a obecnie (przez firmę Lafarge) ponownie w kamieniołomie Wapienno [H. Pomianowska 1996; J. Skoczylas 2006]. To ostatnie odsłonięcie jest niezwykle spektakularne, z kolei kamieniołom Bielawy jest w większości zalany i jest wykorzystywany przez pletwonurków.

Pogranicze Wielkopolski i Kujaw to także obszar występowania wysadów solnych, w których występują rozmaite minerały solne wieku permskiego, zwykle przykryte czapami gipsowo-anhydrytowymi. W sąsiedztwie Szlaku Piastowskiego obecność takich wysadów stwierdzono w Inowrocławiu i pobliskiej Górze, Mogilnie, Kłecku, Janowcu, Damasławku, Kcyni, Szubinie oraz we wspomnianym już Wapnie [J. Skoczyła 2006], a także w nieco bardziej odległej Kłodawie. Złoża solne są poliminerálne, bo oprócz halitu (soli kamiennej) występują tu między innymi polihalit, kizeryt, anhydryt, syngenit, gips i dolomit [I. Stańczyk 1970]. Obecnie udostępniona do zwiedzania jest kopalnia w Kłodawie, zaś w Inowrocławiu dostępne są niewielkie ekspozycje (w Muzeum im. Kasprowicza i w postaci Stałej Wystawy Solnictwa), na których zaprezentowano pamiątki z kopalń w Inowrocławiu i Górze.

Szczególnej wagi stanowiskiem geoturystycznym położonym na granicy Poznania, w okolicy Moraska są ślady upadku meteorytu. Najbardziej spektakularne mają postać głębokich kraterów uderzeniowych i występują na Górze Moraskiej, stanowiącej element moreny czołowej fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia. Nie mniej atrakcyjnie przedstawiają się fragmenty meteorytu, których część można oglądać w muzeum geologicznym znajdującym się w Instytucie Geologii UAM [W. Stankowski 2009; W. Szczuciński, A. Muszyński 2020].

3. Rzeźba polodowcowa i postglacjalna historia roślinności

Stanowiska zaliczane do Szlaku Piastowskiego położone są w całości na obszarze Niżu Polskiego, w olbrzymiej większości w jego części młodoglacjalnej, a więc uformowanej przez lądolód podczas zlodowacenia Wisły, w trakcie jego faz leszczyńskiej i poznańskiej. Dokumentują to liczne opracowania z zakresu geologii, geomorfologii i kartografii. Na potrzeby edukacyjne porządkują to między innymi Mapa Geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej autorstwa B. Krygowskiego [1953, 2007], opracowanie S. Kozarskiego [1995] i wiele innych. Historię krajobrazu Wielkopolski wzbogacają opracowania paleobotaniczne, dokumentujące rozwój zbiorowości roślinnych od schyłku ostatniego zlodowacenia po czasy współczesne [por. K. Tobolski 1991; K. Tobolski i in. 2009].

4. Paleogeografia wczesnego średniowiecza

Ze względu na szczupłość źródeł historycznych i archeologicznych podstawowe informacje o cechach środowiska w średniowieczu czerpiemy ze źródeł paleobiologicznych. Posłużyły one do studiów paleogeograficznych. Na Szlaku Piastowskim takie opracowania paleogeograficzne pokazujące relacje pomiędzy naturalnymi i antropogenicznymi cechami środowiska zostały wykonane dla Poznania [M. Kara i in. 2016], Lednicy [K. Tobolski 1991], Giecza [K. Milecka 1998; A. Grygorowicz i in. 2007] i Gniezna [M. Makohonienko 2000]. Niezwykle istotne informacje

paleogeograficzne i stratygraficzne przyniosły też opracowania dendrochronologiczne [M. Krąpiec 2008].

Tłem, a niekiedy uzupełnieniem tych opracowań były studia nad przemianami środowiska geologicznego i rzeźby obszarów objętych osadnictwem wczesnośredniowiecznym i późniejszym. Znakomitym tego przykładem są prace A. Kanieckiego [1993, 2013], omawiające ewolucję krajobrazu doliny Warty w okolicy Poznania. W pracach tych zostały wykorzystane plany miast, mapy oraz inne źródła historyczne.

5. Propozycje wykorzystania obiektów i treści geoturystycznych na Szlaku Piastowskim w realizacji celów edukacyjnych

Ponieważ obiekty mające zarówno walory kulturowe i geoturystyczne należą do miejsc licznie odwiedzanych przez turystów [Z. Kruczek 2014], warto rozważyć choćby następujące propozycje włączenia treści i obiektów geoturystycznych do zasobów oferowanych na Szlaku Piastowskim:

- do materiałów informacyjnych i promocyjnych: folderów, przewodników, tablic informacyjnych należy dodać informacje o środowisku geograficznym obszaru, roli łądolodów w jego powstawaniu, ewolucji krajobrazu po ustąpieniu ostatniego, wistuliańskiego łądolodu (na podstawie badań geologów i geomorfologów), ze szczególnym uwzględnieniem tego, co działo się w tym zakresie w ciągu ostatniego 1000 lat (z wykorzystaniem badań paleobotaników i paleozoologów czy dendrochronologów);
- w podobnym zakresie należy wykorzystać informacje geologiczne na temat budowy obszaru Wielkopolski i Kujaw, z wyeksponowaniem danych o występowaniu złóż surowców wapiennych i solnych (ze zwróceniem uwagi na obecność wysadów solnych);
- ważne jest pokazanie zakresu występowania polodowcowych głązów narzutowych (z odniesieniem do regionów ich pochodzenia na obszarze Skandynawii i Bałtyku) i zakresem ich wykorzystania w średniowiecznym budownictwie.

Oczywiście z tymi informacjami należy dotrzeć do przewodników terenowych oraz nauczycieli, bo bez ich przekonania do tych często nowych dla nich treści cała akcja spełnie na niczym.

Skrajną propozycją w zakresie promocji obiektów geologicznych, paleogeograficznych i geomorfologicznych byłoby przekształcenie Szlaku Piastowskiego z obiektu o charakterze historyczno-kulturowym w szlak archeo-geologiczny (wzorem podobnego obiektu położonego na obszarze województwa świętokrzyskiego [J. Majewski 2019]).

Trzeba tu przypomnieć, że wiele obiektów światowego dziedzictwa UNESCO (WHS) charakteryzuje się często wyjątkowymi walorami geoturystycznymi, które jednak są pomijane w ich kartach informacyjnych. Dotyczy to między innymi

takich obiektów, jak ryftowa dolina Thingvellir na Islandii, ostaniec erozyjny z twierdzą Masada w Izraelu, a w Polsce Kopalnia Soli w Wieliczce czy Park Mużakowski [Z. Alexandrowicz i in. 2009].

6. Podsumowanie

Przytoczone przykłady pokazują, że na Szlaku Piastowskim i w jego bliskim sąsiedztwie licznie występują obiekty geoturystyczne, a ponadto wiele elementów, tradycyjnie prezentowanych jako kulturowe czy historyczne, ma walory geoturystyczne i może być traktowana jako stanowiska geokulturowe [por. W. Zgłobicki i in. 2015].

Wydaje się, że wspólne przedstawianie walorów geoturystycznych i kulturowych obiektów może dawać lepszą podstawę do promocji turystycznej. Może też stanowić bazę do rozszerzenia oferty edukacyjnej Szlaku Piastowskiego o elementy geograficzne i biologiczne. Ma to szczególne znaczenie w pełnieniu przez Szlak Piastowski roli w zakresie edukacji szkolnej na wszystkich poziomach.

Bibliografia

- Alexandrowicz Z., Urban J., Miśkiewicz K., 2009, *Geological values of selected Polish properties of the UNESCO World Heritage List*, *Geoheritage* 1, s. 43–52.
- Gaworecki W.W., 1998, *Turystyka*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Górska-Zabielska M., 2015, *Najcenniejsze głazy narzutowe w Wielkopolsce i ich potencjał turystyczny*, „Przegląd Geologiczny“ 63, 8, s. 455–463.
- Górska-Zabielska M., 2017, *Analiza petrograficzna gładów narzutowych z grobowca megalitycznego w Kierzkowie*, [w:] *Megalityczny grobowiec kultury amfor kulistych z Kierzkowa na Pałukach. Milczący świadek kultury przodków z epoki kamienia*, S. Nowaczyk, Ł. Pospieszny, Sobkowiak-Tabaka (red.), „Biskupińskie Prace Archeologiczne“ 12, Biskupin, s. 81–113.
- Hose T.A., 1995, *Selling the Story of Britain's Stone*, „Environmental Interpretation“ 2, s. 16–17.
- Kaniecki A., 1993, *Poznań. Dzieje miasta wodą pisane*, Wydawnictwo Aquarius, Poznań, ss. 241.
- Kaniecki A., 2013, *Wpływ antropopresji na przemiany środowiskowe w dolinie Warty w Poznaniu*, „Landform Analysis“ 24, s. 23–34.
- Kara M., Makohonienko M., Michałowski A., 2016, *Przemiany osadnictwa i środowiska przyrodniczego Poznania i okolic od schyłku starożytności do lokacji miasta*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 300.
- Kozarski S., 1995, *Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki i transformacja geosystemu (~20 ka → 10 ka BP)*, Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN 1.
- Krygowski B., 1953, *Mapa Geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej*, Uniwersytet im. A Mickiewicza, Poznań (edycja cyfrowa 2007).
- Krapiec M., 2008, *Dendrochronologia. Kalendarz dziejów*, V Konferencja Naukowo-Techniczna „Błękitny San”, Jabłonka, 24–25 kwietnia 2008, s. 109–125.

- Kruczek Z., 2014, *Frekwencja w atrakcjach turystycznych*, Polska Organizacja Turystyczna, Kraków–Warszawa.
- Kurek W. (red.), 2007, *Turystyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lijewski T., Mikułowski B., Wyrzykowski J., 1985, *Geografia turystyki Polski*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Łęcki W., 2016, *Szlak Piastowski. Przewodnik*, Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, s. 240.
- Majewski J., 2019, *Szlak archeo-geologiczny jako modelowy przykład kreowania marki terytorialnego produktu turystycznego*, Biuletyn KPZK PAN 275, s.71–82.
- Makohonienko M., 2000, *Przyrodnicza historia Gniezna*, Wydawnictwo Homini, Bydgoszcz, ss. 121.
- Milecka K., 1998, *Historia działalności człowieka w okolicy Giecza i Wagowa w świetle analizy pyłkowej*, Biblioteka Studiów Lednickich, t. III, s. 43–95.
- Medyńska B., Lorek D., 2008, *Pruskie mapy topograficzne dla Wielkopolski do 1803 roku*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią 59A, s. 29–42.
- Newsome D., Dowling R.K., Moore S.A., 2005, *Stetting an agenda for geotourism*, Goodfellow Publishers Limited.
- Pomianowska H., 1996, *Warunki hydrogeologiczne w rejonie kamieniołomów Wapienno i Bielawy na Kujawach*, Przegląd Geologiczny 44, 11, s. 1145–1151.
- Rohrscheidt A.M. von, 2013, *Szlak Piastowski w przebudowie. Struktura, zarządzanie, oferta kulturowo-turystyczna*, Proksenia, Kraków, s. 450.
- Rohrscheidt A.M. von, 2016, *Wielkopolska. Szlak Piastowski*, Wielkopolska Organizacja Turystyczna, Poznań, s. 46.
- Skoczylas J., 1990, *Użytkowanie surowców skalnych we wczesnym średniowieczu w północno-zachodniej Polsce*, Wydawnictwo Naukowe UAM, s. Geologia 12, Poznań.
- Skoczylas J., 2006, *Złoża kopalin użytecznych w dziejach Pałuk*, Studia i Materiały do Dziejów Pałuk, t. 6, s. 41–52.
- Skoczylas J., 2011, *Petrografia wobec wyzwań współczesnej turystyki i przemysłu kamieniarskiego*, Górnictwo i Geologia 6, 4, s. 71–82.
- Skoczylas J., 2016, *Kamień w Państwie Pierwszych Piastów*, Wydawnictwo Naukowe CONTACT/ABC, Gniezno, ss. 80.
- Stankowski W., 2009, *Meteoryt Morasko*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, s. 42.
- Stańczyk I., 1970, *Polihalit w kopalniach soli region kujawskiego*, „Acta Geologica Polonica”, 20, 4, s. 805–821.
- Szczuciński W., Muszyński A., 2020, *Meteority, kratery uderzeniowe i inne ślady kosmicznej katastrofy w rejonie Moraska pod Poznaniem*, „Przełąd Geologiczny” 68, 8, s. 637–644.
- Szlak Piastowski. U źródeł polskości. Przewodnik*, Studio PLAN, Wrocław 2020.
- Tobolski K. (red.), 1991, *Wstęp do paleoekologii Lednickiego Parku Krajobrazowego*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, s. 157.
- Tobolski K., Milecka K., Polcyn M., 2009, *Ekologiczna przeszłość region lednickiego i gieckiego. Podsumowanie trzydziestoletnich badań paleoekologicznych, botaniczno-paleobotanicznych i sozologicznych*, [w:] *Custodia Memoriae. Muzeum Pierwszych Piastów na Lednicy. XL lat istnienia*, Wyrwa A.M. (red.) s. 211–232.
- Zagożdżon P., Zagożdżon P., 2015, *Kamienne elementy architektury miejskiej jako geologiczne zaplecze edukacyjne – przykłady wrocławskie*, „Przełąd Geologiczny” 63, 3, s. 150–154.

Zgłobicki W., Warowna J., Baran-Zgłobicka B., Gajek G., Jezierski W., 2015, *Turystyka kulturowa a geoturystyka. Walory turystyczne geostanowisk kulturowych w Polsce*, 6, s. 51–67.

Summary

The article presents geotourist objects and issues related to the location of the Piast Trail, which is traditionally considered a school and out-of-school education institution in the field of the history of the Middle Ages and the beginnings of the Polish Piast dynasty. The archaeological research carried out over the years on the objects on the Piast Trail was accompanied by geological, geomorphological and palaeogeographic works, mainly concerning the development of the environment of Wielkopolska and Kujawy from the last glaciation to modern times.

In the author's opinion, the inclusion of the results of these studies in the materials presented to tourists and students visiting the Piast Trail may provide a better basis for understanding the relationship between the development of Piast Poland and its environmental conditions. This is of great importance for the use of geo-stands and the described issues in school and extracurricular education – historical, geographical and regional.

Igor Gopchak

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne City
Ukraine

i.v.hopchak@nuwm.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4774-5504

Tetiana Basiuk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne City
Ukraine

tanya_basyuk@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2861-0460

Artem Yatsyk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne City
Ukraine

yatsyk_vg19@nuwm.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4293-1754

Oleksandr Yatsyk

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne City
Ukraine

yatsyk_az21@nuwm.edu.ua

ORCID: 0000-0001-5675-1645

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC LOAD ON THE STOKHID RIVER BASIN

OCENA OBCIĄŻENIA ANTROPOGENICZNEGO NAD DORZECZEM RZEKI STOKHID

Abstract: The assessment of anthropogenic load on the Stokhid river basin has been performed. The method of determining the induction coefficient has been considered. Usage of land and water resources of the river basin was characterized. Water quality was determined. Quantitative and qualitative anthropogenic status has been assessed according to various indicators of four subsystems for classification of ecological status of the river basins. The level of anthropogenic load and the general ecological condition of the river basin were determined. Sources of river pollution were analyzed. Measures to improve the environmental situation in the river basin are proposed.

Key words: river basin, anthropogenic load, induction coefficient, land resources, water resources, water quality, ecological condition

Słowa kluczowe: dorzecze, ładunek antropogeniczny, współczynnik indukcji, zasoby ziemi, zasoby wodne, jakość wód, stan ekologiczny

Introduction

The growing impact of anthropogenic activity on the environment leads to a significant deterioration of the ecological condition of all its components, including bodies of water. Among the latter, rivers are the most vulnerable, as they are used for communal, agricultural and industrial purposes, while also being destinations of sewage discharges and industrial waste. Deterioration of the ecological condition of small river basins is due to deforestation, increasing area of plowed land, large-scale hydraulic reclamation, soil erosion, radionuclide pollution due to the Chernobyl disaster, expansion of industries and municipal pollution [Yatsyk et al. 2015; Hryb et al. 2012; Gopchak 2016]. This has led to a offsetting of the ecological balance in the basins of small rivers of Ukraine and emergence of a number of hydro-environmental problems (water pollution, destruction of natural landscapes in river valleys and surrounding areas etc.).

Currently, there is observable deterioration of the ecological situation in the basin of the river Stokhid, which flows in the Volyn region. Despite significant reduction in agricultural and industrial production in the region, the ecological state of the environment has not improved in recent years. With the current of water treatment facilities and respective treatment methods, state of accounting and control of the wastewater, conditions in the river basin have deteriorated significantly. Sources of pollution are discharges of insufficiently treated wastewater, as well as unauthorized connection of sewage systems from residential buildings to storm drains of enterprises, placement of latrine landfills, non-compliance with water protection regulations in the settlements of the river basin. In addition, situation is exacerbated by the fact that in recent years the territories of banks and floodplains of rivers are actively allocated for cottage construction, gardening and horticulture. All these changes require clear, operational control and response, which is possible only with a realistic assessment of the anthropogenic load on the Stokhid river basin. The river basin is an indicator of the “health” of surrounding environment, which is under anthropogenic pressures, with changes in landscapes, soils, forests, water quality and flora and fauna. In this regard, the study of anthropogenic pressure and the determination of the ecological status of the river basin as a single geosystem are of particular importance.

Methodical approaches to determining the criteria for assessing the anthropogenic load on small river basins are covered in the scientific works of A.V. Yatsyk [Yatsyk 2004], Z.V. Timchenko [Tymchenko 2000], O.V. Kirilyuk [Kirilyuk 2010] and others. The works of I.Y. Myskovets [Myskovets 2003], I. Netrobchuk [Netrobchuk 2014] are of significant scientific interest, in which the ecological condition is analyzed and different types of anthropogenic load on basins of small rivers of Volyn region are

assessed. The analysis of the modern scientific literature shows that now the research devoted to anthropogenic transformation of a certain territory and development of restorative measures on optimization of environmental management prevails. However, the work on the assessment of the definition of indicators of anthropogenic pressure on river basins is insufficiently covered in the literature, so there is no doubt regarding the relevance and importance of afformnetioned research topic.

The purpose of the study is to assess the anthropogenic load and determine the ecological status of the Stokhid river basin to develop measures to improve the condition of th latter.

To achieve this goal, it was necessary to conduct the following tasks:

- 1) assess the quantitative and qualitative anthropogenic state of the river based on various indicators within individual subsystems;
- 2) determine the level of anthropogenic load and the general ecological condition of the river basin;
- 3) propose measures to improve certain indicators of individual subsystems.

Research methods

Calculation of anthropogenic load and assessment of the ecological status of the river basin were performed in accordance with the “Methodology for calculating the anthropogenic load and classification of the ecological status of small river basins of Ukraine” [Metodyka... 2007]. The logical-mathematical model of hierarchical structure built on the ecosystem principle allows to monitor the state of river basins by different indicators in terms of individual subsystems (“Radioactive contamination of territory”, “Land usage”, “Use of river runoff”, “Water quality”) and as a whole. An important feature of the proposed model is that the assessment of system states and subsystems in this model is performed in parallel and in two directions - quantitative and qualitative: the qualitative state of subsystems is assessed, with subsystems determining the quantitative measure of the whole system.

According to the method [Metodyka... 2007], the values of the primary indicators of the subsystem of land and water resources were transformed into points and given a qualitative description of each of them. Subsequently, a comprehensive indicator was calculated and the class of the state of use of the subsystem was determined on the appropriate scale. In general, the assessment of anthropogenic load on the river basin was carried out by the induction coefficient (*ICAL*) according to the formula:

$$ICAL = 0,3 \times C_{lr} + 0,2 \times C_{wr} + 0,5 \times C_{wq},$$

wherein *ICAL* is the induction coefficient of anthropogenic load on the river basin; 0.3; 0.2; 0.5 – weights cumulatively equal to 1.0; C_{lr} , C_{wr} , C_{wq} – complex indicators of land and water resources use, water quality.

As a result of the assessment of the state of all four subsystems, the overall assessment of the state of the entire basin system can be carried out. The following grades of the river basin determine the value of the quantitative measure of the qualitative state of the whole system: “good”, “minor changes”, “satisfactory”, “bad”, “very bad”, “catastrophic”. The grade given to the basin reflects the degree of anthropogenic load and the response of the ecosystem to this load.

The source materials for the calculation of anthropogenic pressure were statistical and cartographic data on ecological conditions and usage of land and water resources in the basin of the Stokhid River.

The results of the study

The Stokhid River is a right tributary of the Pripyat and flows within the Volhyn region. The source is located near the village Yalovats’k, Kamin-Kashyrskyy district. Stokhid originates near the village of Semeryns’ke, in Volhynian Polissya, within the Volhynian-Podolian Upland. It flows mainly to the northeast. It flows into Pripyat near the southern outskirts of the village of Svalovychi. The valley in the upper course is clearly delineated, up to 4.0–4.5 km wide, in the lower course – indistinct, up to 7.0–10.0 km wide. The floodplain is bilateral, swampy, from 0.4 km wide (at the top) to 2.5 km (at the bottom). The river is traced mainly in the upper reaches, where in places its width is 20–25 m, depth 0.5–1.5 m. Origin of water is mixed, with a predominance of snow. The river freezes in early December, with ice decaying in March [Molchak, Mihas 1999; *Metodyka...* 2007].

According to the method [*Metodyka...*, 1998], we performed calculations of anthropogenic load and determined the ecological status of the Stokhid river basin.

The assessment of the state of the subsystem “Radioactive contamination of the territory according to [*Metodyka...* 1998] in the basin of the river Stokhid was not taken into account, because no radioactive elements were detected during the study period. Therefore, we can assume that the ecological status of the Stokhid river basin is satisfactory with a quantitative measure of 0. This subsystem will not affect the calculation of the induction coefficient of anthropogenic load.

According to the natural and agricultural zoning of Ukraine, the Stokhid River basin is located in the Western Polissya Province. Elements of the subsystem “Land usage” are indicators of forest cover (f_{fc}), natural state (f_{ns}), agricultural development (f_{ad}), plowing (f_p), urbanization (f_{ur}) and erosion (f_{er}) of the basin. According to the calculations, the indicator of land urbanization, which corresponds to the state of land use “below the norm”, has the worst value among all indicators. Indicators of forest cover and the degree of natural condition have an “improved” condition, and other indicators – “good”. The complex indicator of C_{lr} is 2.0 and establishes the state of the subsystem “Land Usage” in the basin of the river Stokhid as “close to normal”.

Assessment of the ecological status of the river by the subsystem “Use of river runoff” is carried out on the following indicators: the actual use of river runoff (q_{rr});

irreversible water consumption (q_{iwc}); discharge of water into the river network (q_{dw}); discharge of polluted wastewater into the river (q_{dpw}). Each value was calculated separately using data such as: water abstraction from the river network (W_a); the size of losses of river runoff due to extraction of groundwater that is hydraulically connected to the river network (W_l); factual river runoff (W_p); the volume of water discharged into the river network (W_d); the volume of discharge into the river network of polluted wastewater (W_{pw}).

According to calculations, insignificant values of discharged polluted wastewater and use of river runoff were noted in the Stokhid river basin. In general, the state of the subsystem "Use of river runoff" in the basin of the river Stokhid in terms of water consumption is classified as "good" with a quantitative measure of 3.0.

Subsystem "Water Quality" is designed for environmental assessment of surface water quality and classification of the river basin by the level of anthropogenic water pollution. Ecological assessment of water quality of the Stokhid River was performed in accordance with the "Methodology of ecological assessment of surface water quality by relevant categories" [Metodyka... 1998]. In general, this subsystem includes three blocks: the block of indicators of salt composition of water (I_1); the block of trophosaprobological (ecological and sanitary) indicators (I_2); the block of specific toxic substances (I_3). Based on the results obtained for each block of indicators, the integrated ecological water quality index (I_E) was determined, which is the arithmetic mean of the previous three indices. In fact, its value is often very approximate to real state of water pollution, so the quality in the subsystem should be classified according to the index of trophosaprobological indicators. The latter mostly characterize the usual components inherent in water bodies, the concentration of which in water changes under the influence of human activity. According to the values of the integrated ecological index, the state of the subsystem "Water Quality" in the basin of the river Stokhid is characterized by class IV water quality ("polluted") with a quantitative measure of -1.

The general assessment of anthropogenic load on the river basin is carried out by the induction coefficient, using complex indicators of individual subsystems and weights. According to the results of a comprehensive assessment of all subsystems, the ecological status of the Stokhid river basin is classified as having "minor changes", the level of anthropogenic load by the value of ICAL is 0.7.

To improve the environmental situation in the Stokhid river basin, it is necessary to take the following priority measures:

- 1) enforce compliance with the current requirements of environmental legislation and exiting rules;
- 2) impose penalties for non-compliance with current water protection legislation.
- 3) limit the use of nitrogen fertilizers in order to prevent them from entering the river waters as runoff from agricultural fields;
- 4) establish water protection zones along the riverbed, where plowing and reclamation should be strictly prohibited and a stricter regime of economic

- activity within the water protection zones and river banks in the basin should be enforced;
- 5) exercise control over discharges and enforce compliance with water purification requirements.

Conclusion

Thus, based on the calculations, it can be argued that, in general, the ecological status of the Stokhid river basin can be defined as having “insignificant changes”, and the level of anthropogenic load outlined by the value of the induction coefficient, that is 0.7. There is no radioactive contamination of lands in the Stokhid river basin. The state of the subsystem “Land usage” is classified as “close to normal” with a quantitative measure of 2.0, and the subsystem “Use of river runoff” – as “good” with a quantitative measure of 3.0. Water quality in the river basin is characterized by class IV water quality (“contaminated” water) with a quantitative measure of –1.0. To improve the ecological conditions of the river basin, it is proposed to enforce compliance with current water protection legislation.

Assessment of anthropogenic pressure on the river basin is very important, especially for the formulation of necessary environmental protection measures and activities in the river basin, as well as establishment of the set of indicators that have the greatest impact on its ecological status. All this indicates prospects of further research into Ukraine’s small rivers, which should focus on a detailed assessment of the ecological statuses of their basins.

Bibliography

- Gopchak I.V., 2016, *Analiz antropohennoho navantazhennia na baseiny malykh richok Ukrainskoho Polissia // Heodeziia. Zemleustrii. pryrodokorystuvannia: prysviachuitsia pamiati P.H. Cherniahy: Vseukr. Nauk.-prakt. konf., 9–10 lyst. 2016 r.: tezy dop.* Rivne: NUVHP, 2016, s. 119–121.
- Hryb Y.V., Klymenko M.O., Sondak V.V., Hryniuk V.I., Voityshyna D.Y., 2012, *Vidrodzhenia system transformovanykh baseiniv richok ta ozer*, Rivne: NUVHP, s. 246.
- Kyryliuk O.V., 2010, *Otsinka peretvorenosti malykh richkovykh baseiniv yak krok do vyznachennia antropohennykh zmin hidromorfolohichnykh umov*, Hidrolohiia, hidrokhimii ta hidroekolohiia : nauk. zb. K., T. 18, s. 283–289.
- Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnyy katehoriia-my*, 1998, Kyiv, s. 28 (in Ukraine).
- Metodyka rozrakhunku antropohennoho navantazhennia i klasyfikatsii ekolohichnoho stanu baseiniv malykh richok Ukrainy*, UNDIVEP, Vydannia 2-he, pereroblene i dopovnene. Kyiv : «Polimed», 2007, s. 71.
- Molchak Ya.O., Mihas R.V., 1999, *Richky Volyni*, Lutsk: Nadstyria, s. 176.

- Myskovets I.Ya., 2003, *Antropohenni zminy v baseinakh malykh richok (na prykladakh Volynskoi oblasti)* : avtoref. dys. kand. heohr. nauk. Chernivtsi.
- Netrobchuk I.M., 2014, *Otsinka antropohennoho navantazhennia na basein verkhnoi Prypiati v Ratnivskomu raioni Volynskoi oblasti*, Nauk. zapysky Sumskoho derzh. ped. un-tu imeni A.S. Makarenka. Heohrafichni nauky. Vyp. 5. Sumy, s. 10–18.
- Palamarchuk M.M., 2001, Zakorchevna N.B., *Vodnyi fond Ukrainy: Dovidkovyi posibnyk*, Kyiv: Nika-Tsentr, s. 392.
- Tymchenko Z.V., 2000, *Otsinka ekolohichnoho stanu malykh richok/ Ukraina ta hlobalni protsesy*: heohrafichni vymir: zb. nauk. pr.: v 3 t. Lutsk. T. 2, s. 317–320.
- Yatsyk A.V., Hopchak I.V., Pasheniuk I.A., Basiuk T.O., 2015, *Naukovi zasady normuvannia antropohennoho navantazhennia richkovykh baseiniv*, ETEVK-2015: Mizhnarodnyi Konhres, 8–12 chervnia 2015 r.: zb. dop. Kyiv: TOV «PRAIM-PRINT», s. 314–322.
- Yatsyk A.V., 2004, *Vodohospodarska ekolohiia*: u 4 t, Kyiv: Heneza, № 4, s. 480 (in Ukraine).

Streszczenie

Dokonano oceny obciążenia antropogenicznego w dorzeczu Stokhid, rozważono metodę wyznaczania współczynnika indukcji, scharakteryzowano wykorzystanie zasobów lądowych i wodnych dorzecza. Określono jakość wody. Ilościowy i jakościowy stan antropogeniczny oceniono według różnych wskaźników czterech podsystemów klasyfikacji stanu ekologicznego dorzeczy. Określono poziom obciążenia antropogenicznego oraz ogólny stan ekologiczny dorzecza. Przeanalizowano źródła zanieczyszczenia rzek. Proponowane są działania na rzecz poprawy sytuacji środowiskowej w dorzeczu.

Nurgul Janaliyeva

Caspian University of technologies and engineering named after Sh. Yessenov

Aktau, Kazakhstan

nurgul_d82@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9823-0255

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE COASTAL ZONE OF THE CASPIAN SEA IN THE AREA OF THE SUBURB OF AKTAU

BADANIE CHARAKTERYSTYKI WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH GLEB STREFY PRZYBRZEŻNEJ MORZA KASPIJSKIEGO NA PRZEDMIĘSCIACH MIASTA AKTAU

Abstract: The results of the stages of research of the marine part of the Caspian Sea and the coastal zone in the area of Akshukur village (a suburb of the city of Aktau) are presented. It is a coastal zone. Field studies were carried out during 25–28 May, 2018 at research sites (RS). Soil samples were taken according to the generally accepted method in soil science at 0–20 cm depth, with a sampler, using the envelope method. Determination of the amount of humus in the soil was performed by the Nikitin method with an Orlov-Grindel colorimetric ending. Mobile forms of heavy metals were determined using AAS MGA-915 (Lumex Russia). The soils in the surveyed area are characterized by a low content of organic matter, an alkaline reaction of soil solutions, salinity and weak resistance to anthropogenic influences. When increasing the distance from contaminated soils on RS-2 up to 9.5 km, the soils on RS-4 (background), the soils are not contaminated with heavy metals, the exception was arsenic metalloid, the excess of which is natural. The Kruskal-Wallis test is statistically significant only for Cu (0.047) ($p < 0.05$) and As (0.042) ($p < 0.05$). The highest rank sums relative to the content of copper Cu and cadmium Cd are characterized by the samples for RS-2 (33.5) and (29.0), respectively..

Key words: Caspian Sea, coastal zone, soils, monitoring, heavy metals

Słowa kluczowe: Morze Kaspijskie, strefa przybrzeżna, gleby, monitoring, metale ciężkie

Introduction

Currently, despite numerous studies of the Caspian Sea, there are still areas of the sea, the degree of study and coverage of direct observations of which are extremely small [Cambier, P. Michaud et al. 2019]. In these areas, a number of fundamental and applied issues arise that require a regional approach to study the state of soils in the coastal zones of the Caspian Sea. This situation has been particularly aggravated in the last three decades, when there has been a sharp decline in the number of scientific studies of this problem. One of these areas is the eastern coast of the Middle Caspian Sea, namely the sea area in the area of the regional center of the Mangystau region, Aktau, and its suburban territories. In addition, the port of Aktau is the only port in Kazakhstan used for international transportation of crude oil and petroleum products. In this regard, studies of the Caspian Sea and the coastal zone of the regional center are relevant and timely [Kenzhetaev G.Zh et al. 2013].

Materials and methods of research

At the end of May 2018, work was carried out on monitoring the marine part of section 1 (stations 14, 15, 16 and 17), and field studies were carried out in the coastal zone opposite these stations, in the area of the village of S. Shapagatov. Field studies were conducted by the route method. 4 research sites (RS), RS-1, RS-2, RS-3 and RS-4 (background) were laid to monitor the state of soils in the area of the suburban territory of Aktau opposite the hydrological stations HS-14 – HS-17 (Fig. 1).



Fig. 1. Map-diagram of research sites for monitoring the state of soils made in the SAS Planet environment

Ryc. 1. Mapa-schemat stanowisk badawczych do monitorowania stanu gleb wykonanych w środowisku Sas Planet

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Selection of soil samples. Samples were taken according to the generally accepted method in soil science. At the test sites RS-1,2,3 and 4 (background), soil samples were taken from a depth of 0-20 cm, using an envelope sampler. The method represents the selection of a mixed sample at the rate of 1 sample per 100 m² (site 10×10 m). The mixed sample consisted of 5 soil samples taken in a 5-point envelope. An average sample weighing 300–400 grams was selected. In general, the samples are mixed samples with 20 points, that is, 5 points by 4 [Abdel-Saheb J. A. et al. 2014].

Determination of humus in the soil. To study the soil samples the following methods were used: color – scale Munsell, granulometric composition – according to Kachynski, the humus (TS) – by Tyurin, the gross nitrogen – Kjeldahl, mobile compounds of phosphorus and potassium by Chirikov (for calcareous soils – in Machine) [Kenzhetaev G. Zh et al. 2015]. Determination of the amount of humus in the soil was performed by the Nikitin method with a colorimetric ending according to Orlov-Grindel, based on wet ozonation of organic compounds of the soil.

Determination of heavy metals in the soil was conducted by atomic absorption spectrometry with plasma atomization using AAS MGA-915M (Lumex, Russia) in an accredited laboratory of the Department of Ecology of the Mangystau region, according to the method (M-MVI-80-80-2008) [Kenzhetaev G. Zh et al. 2014]. Due to the fact that the total content of detectable heavy metals (HM) in the soil was high, the mobile forms of the following elements were determined: Pb, Ni, Cr, Hg, V, Cu, Fe, Zn [Badalova A. N et al. 2012]. Certain concentrations of heavy metals (HM) were compared with the available maximum permissible concentrations (MPC).

Methods of geoinformation technologies (GIT). The cartographic material of the research area was performed using satellite images and using GIS family programs (Google Maps, SAS Planet). Editing of schematic maps, as well as diagrams and graphs, is performed using CorelDRAW 11 and Paint programs [Kroshenko A.N. et al. 2018].

Statistical processing of the results. The received data are processed in the environment of the analytical software interface Statistica 10. The choice of the analysis method using Kruskal-Wallis ANOVA criterion statistics was determined by a small volume of study samples with different distribution laws. The statistics of the Kruskal-Wallis criterion are mostly similar to parametric one-factor analysis of variance, but this criterion is based on ranks rather than averages [Alca N. et al. 2014].

Results and discussion

In the soil cover of Akshukur village and the farther from it in the direction of the airport, there are the most widely brown desert soils. According to the depth of the upper saline horizon, the soils are saline [Kenzhetaev G. Zh et al. 2014]. The humus content in the upper horizon of these soils varies from 1.18 to 2.62%. Lower in the profile, it decreases to 0.42–0.97%. The content of biogenic elements is low. Total phosphorus in the surface horizons is contained in amounts of 515.17–2004 mg / kg.

The content of carbonates in the range of 1.77–3.11%. The total nitrogen content varies in the range of 0.26–0.39% [Kenzhetaev G. Zh et al. 2015]. As a rule, the heavier the granulometric composition, the higher the exchange capacity. The exchange capacity varies from 9.62 to 32.15 mg-eqv/100g of soil. In the soil-absorbing complex, there is a stable predominance of exchangeable magnesium (40–80% of the exchange capacity) [Kenzhetaev G. Zh et al. 2013]. The reaction of water suspensions in soils is slightly alkaline or close to neutral (pH 6.85–7.41). Physical and chemical properties of soils according to the results of monitoring are shown in Table 1.

Table 1.
Physical and chemical properties of soils at the Research Sites
Tabela 1.
Fizyczne i chemiczne właściwości gleb na badanych terenach

Physical and chemical characteristics of soils	Research Sites (monitoring of soil conditions)			
	RS-1	RS-2	RS-3	RS-4 (background)
Humus, (%) Total	1.18	1.39	1.47	2.62
nitrogen, (%)	0.26	0.34	0.39	0.27
Phosphorus (gross), mg / kg	1660.30	472.5	515.17	2004.0
Carbonates, (%) Exchange capacity, mg-eq/100 g of soil	3.11	1.77	1.82	2.75
Exchange calcium, mg-eq/100 g of soil	9.62	22.85	24.15	32.15
Exchange magnesium, mg-eq/100 g of soil	1.5	4.0	5.0	1.3
Exchange sodium, mg-eq/100 g of soil	7.11	17.0	18.45	11.7
The amount of salts	0.61	0.93	0.97	16.13
pH	0.57	1.06	1.30	0.2
	7.39	7.10	7.41	6.85

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

The soil cover on all RS, except RS-4 (background) is subject to severe disturbances directly on the territory of private buildings and on adjacent plots.

The content of heavy metals in soil RS. May 2019. If the excess of copper in soil RS-1 (1.06 MAC), RS-2 (of 1.56 MPC), RS-3 (1.2 MPC), the background RS-4 less than the MPC =0,7. The excess of copper in the soils of the RS-1, 2 and 3 is mainly due to the transport emissions involved in the construction of the private sector and transport of materials. The excess of nickel by RS-2 (1.32 MPC) is associated with the impact on the soil of various paint containers, as well as vehicles running on fuel oil (tractor equipment). No excess of the MPC values for zinc was recorded [Suyunova A.B. et al. 2016].

There is an excess of arsenic metalloid, at RS-1 (1.45 MPC), at RS-2 (2.45), at RS-3 (2.1 MPC), and the greatest at the background RS-4 (3.65 MPC).

This situation is explained by the fact that the increased content of arsenic in the Mangystau region is natural in nature and is also associated with natural processes of accumulation and migration. The excess of cadmium was recorded only on RS-2 (1.88 MPC), which is associated with the operation of diesel transport in the area of the warehouse and transportation of construction and road materials.

The concentration of chromium does not exceed the MPC value on all RS. For lead, the excess over the MPC was also found on RS-2, which is explained by the influence of exhaust gases of transport and tractor equipment and motor graders [Kazem Darvish Bastani et al. 2015]. The content of copper, nickel, zinc, arsenic, cadmium, chromium and lead, showed that the soils of RS-2 (the area of an open warehouse of road construction materials, near the highway) are subject to the greatest pollution, the least soil of the background RS-4 (Table 2).

Table 2.
Content of heavy metals in the soils of the study sites, mg / kg

Tabela 2.
Zawartość metali ciężkich w glebach badanych stanowisk, mg/kg

Date of soil sampling	No. of samples see	Heavy metals and their content in soils, mg / kg						
		Cu	Ni	Zn	As	Cd	Cr	Pb
MPC, mg / kg		3.0	4.0	23.0	2.0	5.0	6.0	32.0
RS-1. Coordinates: N43°47'55,63". E52°02'01,76"								
May 2018 r.	0–20	3.2	3.6	12.4	2.9	3.6	4.3	15.9
RS-2. Coordinates: N43°47'55,54". E51°03'15,02"								
May 2018 r.	0–20	4.7	5.3	19.7	4.9	9.4	5.3	36.17
RS-3. Coordinates: N43°47'56,80". E51°04'50,66"								
May 2018 r.	0–20	3.6	3.8	6.9	4.2	4.1	3.5	14.1
RS-4(background). Coordinates: N43°53'22,34». 51°04'46,75»								
May 2018 r.	0–20	2.1	2.5	8.5	7.3	3.7	2.8	6.3
Mean ± SD								
May 2018. RS-1 (n = 3)		2.96±0.51	3.72±4.36	11.3±2.71	2.11±0.41	2.54±1.75	3.85±0.71	15.1±13.7
May 2018. RS-2 (n = 3)		4.16±1.04	5.11±3.27	16.1±3.73	3.60±0.73	8.45±2.05	5.11±1.03	34.9±10.2
May 2018. RS-3 (n = 3)		2.93±0.10	2.56±3.16	6.13±4.49	3.69±0.85	2.81±3.65	2.99±1.78	12.7±11.6
May 2018. RS-4 (background)(n = 3)		1.83±1.09	2.45±1.50	7.86±5.19	7.11±0.97	2.91±3.81	2.41±1.93	6.15±13.1

Source: own study.
Źródło: opracowanie własne.

Statistical processing of research results

Table 3, according to Table 2, presents the results of the analysis of research data in the Statistica 10 environment.

Table 3.

The average content of heavy metals, arsenic for a layer of 0-20 cm in the soils of the studied area at RS-1, RS-2, RS-3 and RS-4 (Background) and the results of statistical processing in the Statistica 10 environment

Tabela 3.

Średnia zawartość metali ciężkich, arsenu dla warstwy 0-20 cm w glebach badanego obszaru na RS-1, RS-2, RS-3 i RS-4 Wstęp oraz wyniki opracowania statystycznego w Statistica 10

Substance	Research sites in the soil monitoring area				Criteria Kruskal-Wallis ANOVA	Sum of ranks and average of rank
	RS-1 (n = 4)	RS-2 (n = 4)	RS-3 (n = 4)	RS-4 (background)		
	p					
Cu	2.96±0.51	4.16±1.04	2.93±0.10	1.83±1.09	0.047	33.5 (11.1)
Ni	3.72±4.36	5.11±3.27	2.56±3.16	2.45±1.50	0.084	25.5 (8.5)
Zn	11.3±2.71	16.1±3.73	6.13±4.49	7.86±5.19	0.256	27.0 (9.0)
As	2.11±0.41	3.60±0.73	3.69±0.85	7.11±0.97	0.042	22.0 (7.5)
Cd	2.54±1.75	8.45±2.05	2.81±3.65	2.91±3.81	0.842	29.0 (8.33)
Cr	3.85±0.71	5.11±1.03	2.99±1.78	2.41±1.93	0.135	23.5 (9.83)
Pb	15.1±13.7	34.9±102	12.7±11.6	6.15±13.1	0.532	22.0 (7.33)

Source: own study.

Źródło: opracowanie własne.

Processing of data on the analysis of the content of HM and arsenic metalloid in the soils of the studied RS, in the medium Statistica 10, showed that the Kruskal-Wallis criterion is statistically significant only for Cu (0.047) ($p < 0.05$) and As (0.042) ($p < 0.05$). Table 3 shows that the highest rank sums relative to the content of copper Cu and cadmium Cd are characterized by the samples for RS-2 (33.5) and (29.0), respectively. These substances make the maximum contribution to the differences in the content of these elements between all groups [Liu S et al. 2015; Zglobicki W., Telecka M. et al. 2018].

Conclusions

The humus content in the upper soil horizon of the studied sites varies from 1.18 to 2.62%. Lower in the profile, it decreases to 0.42–0.97%. The content of biogenic

elements is low. Total phosphorus in the surface horizons is contained in the amounts of 515.17–2004 mg / kg. The content of carbonates in the range of 1.77–3.11%. The total nitrogen content varies in the range of 0.26–0.39%. As a rule, the heavier the granulometric composition, the higher the exchange capacity [Yifei Zhao et al. 2018].

The soils in the surveyed area are characterized by a low content of organic matter, an alkaline reaction of soil solutions, salinity and weak resistance to anthropogenic influences [Xiaohu Wen et al. 2019]. The excess of copper in soils at RS-1 (1.06 MPC), RS-2 (1.56 MPC), RS-3 (1.2 MPC), and at the background RS-4 less than the MPC value=0.7, is explained by emissions of transport involved in construction and transportation of materials.

There is an excess of arsenic metalloid, at RS-1 (1.45 MPC), at RS-2 (2.45), at RS-3 (2.1 MPC), and the greatest at the background RS-4 (3.65 MPC). This situation is explained by the fact that the increased content of arsenic in the Mangystau region is natural in nature and is also associated with natural processes of accumulation and migration [Xiaohu Wen et al. 2019].

The content of copper, nickel, zinc, arsenic, cadmium, chromium and lead, showed that the soils of RS-2 (the area of an open warehouse of road construction materials, near the highway) are subject to the greatest pollution, the least soil of the background RS-4. Processing of data on the analysis of the content of HM and arsenic metalloid in the soils of the studied RS, in the medium Statistica 10, showed that the Kruskal-Wallis criterion is statistically significant only for Cu (0.047) ($p < 0.05$) and As (0.042) ($p < 0.05$) [Luis R. et al. 2018; Cipullo S. et al. 2018].

Bibliography

- Abdel-Saheb J.A., Schwab A.P., Banks M.K., Hetrick B., 1992, *Ahemical characterization of heavy metal contaminated soil stransektoin South east Kansas.*, Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 2014. Minneapolis, pp. 161–172.
- Alca N., Karanik S., Ödemiş B., 2014, *Assessment of ammonium, nitrate, phosphate, and heavy metal pollution in groundwater from Amik Plain, southern Turkey.* Environ. Monit.Asses. 186, pp. 5921–5934.
- Badalova A.N., 2012 *The role of satellite information in the tasks of environmental monitoring of the coastal zone of the Caspian Sea.* „Journal Earth Exploration from Space”, No. 2, pp. 62–69., Russian Academy of Sciences Publishing House.
- Bastani K.D., Neyestani M.R., Shemirani F., Soltani F., Haghparasat S., Akbari A., 2015, *Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the Southern Caspian Sea,* Marine Pollution Bulletin. 92, pp. 237–243.
- Cambier P., Michaud A., Paradelo R., Germain M., Mercier V., Guérin-Lebourg, Revallier A., Houot S., *Trace metal availability in soil horizons amended with various urban waste composts during 17 years – Monitoring and modelling,* Science of the Total Environment Volume 651, 15 February 2019, pp. 2961–2974.
- Cipullo S., Snapir B., Tardif S., Campo P., Prpich G., Coulon F., *Insights into mixed contaminants interactions and its implication for heavy metals and metalloids mobility,*

- bioavailability and risk assessment*, Science of the Total Environment Volume 645, 15 December 2018, pp. 662–673.
- Kenzhetaev G.Zh., 2015, *Assessment of the impact of oil fields on soil pollution in the coastal zone of the Caspian Sea* / G.Zh., Kenzhetaev, International scientific Journal "Search", № 4(1), pp. 85–90.
- Kenzhetaev G.Zh., Suleimenova N.Sh., Permyakov V.N., Nurbayeva F.K., 2013, *Investigation into the Physico-Chemical Properties of Soils of Caspian Sea Coastal Area in Mangystau Province* // ORIENTAL JOURNAL OF CHEMISTRY, December 2014. ISSN: 0970-020 X CODEN: OJCHEG 2014, Vol. 30, No. (4), pp. 1631–1638.
- Kenzhetaev G.Zh., Taizhanova L.S., Syrlybekkyzy S. Koibakova S.E., 2013, *Ecological aspects of drawing up a map of pollution of the coastal zone of the Caspian Sea* // International Scientific journal "Search", s № 4(1), pp. 90–97.
- Kroshenko A.N., Postnov A.A., Ostrovskaya E.V., 2018, *International environmental monitoring of the Caspian Sea* (State Oceanographic Institute, Caspian Research Center) No. 4(46), pp. 60–69, Astrakhan Bulletin of Environmental Education (journal).
- Liu S., Zhang Y., Bi S., Zhang X. Li. X., Lin M., Hu G., 2015., *Heavy metals distribution and environmental quality assessment for sediments off the southern coast of the Shandong Peninsula*, China.Mar.Pollut.Bull.100, pp. 483–488.
- Luis R., Vieiraa B., Morgadoc F., Nogueirac A.J.A., Soaresc A.M.V.M., Guilherminoa L., 2018, *Integ rated multivariate approach of ecological and ecotoxicological parameters in coastal environmental monitoring studies*. Ecological Indicators. 95, pp. 1128–1142
- Suyunova A.B., Zabolotnykh M.V., 2016, *Ecological monitoring of ichthyofauna pollution by oil products and heavy metals of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea*. Journal: Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University, Issue 5.
- Xiaohu Wen, Jian Lu, Jun Wu, Yichen Lin, Yongming Luo, 2019, *Influence of coastal groundwater salinization on the distribution and risks of heavy metals*. Science of the Tot.Envirou. 652, pp.2 67–277
- Yifei Zhao, Min Xu, Qing Liu, Zaifeng Wang, Lin Zhao, Ye Chen., 2018, *Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region*, China: A case study of the Sheyang Estuary. Marine Pollution Bulletin. 137, pp. 601–609.
- Zgłobicki W., Telecka M., Skupiński S., Pasierbińska A., Koziel M., *Assessment of heavy metal contamination levels of street dust in the city of Lublin, E Poland* // Environmental Earth Sciences. Volume 77, Issue 23, 1 December 2018, pp. 136–143.

Streszczenie

W artykule zajęto się badaniem właściwości fizycznych i chemicznych gleb w strefie przybrzeżnej Morza Kaspijskiego na obszarze przedmieścia Aktau. Wyniki wykazały, że gleby na badanym terenie charakteryzują się niską zawartością materii organicznej, zasadowym odczynem roztworów glebowych, zasoleniem gleby oraz słabą odpornością na oddziaływanie człowieka, co wymaga podjęcia decyzji. Występuje również nadmiar metaloidu arsenowego. Sytuację tę tłumaczy się tym, że podwyższona zawartość arsenu w rejonie Mangystau jest naturalna i wiąże się również z naturalnymi procesami akumulacji i migracji.

Ivan Kirvel

Pomeranian University, Słupsk
Poland
ivan.kirvel@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0002-8996-6789

Oleksandr Lukash

T.G. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Chernihiv
Ukraine
lukash2011@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2702-6430

THE VEGETATION OF CHANNELS AND FLOODPLAINS OF ŚLUPIA (POLAND) AND STRIZHEN (UKRAINE) RIVERS IN URBANIZED TERRITORIES

ROŚLINNOŚĆ KANAŁÓW I TERAS ZALEWOWYCH RZEK ŚLUPI (POLSKA) I STRIZHEN (UKRAINA) NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH

Abstract: The vegetation of the channels and floodplains of the Słupia and Strizhen rivers, located in a close latitudinal range within the cities of Słupsk (Poland) and Chernihiv (Ukraine) and with average indicators of habitation, was investigated. Both for the Słupia River within the city of Słupsk and for the Strizhen River within the Chernihiv city, the composition and dynamics of the plant quatic macrophytes communities are determined by changes in weather and hydrological conditions, as well as anthropogenic pressure. The vegetation of the channels and depressions of the floodplains of both rivers is represented by typical communities of the classes *Lemnetea minoris*, *Potametea*, *Phragmito-Magnocaricetea*. Temporarily flooded and highly zooanthropogenic nutrient-rich upland floodplains occupied by the *Agropyro-Rumicion* communities. Due to the higher velocity of the Słupia River in its channel free-floating plants communities poorly represented. The vegetation cover of the Strizhen River floodplain is more ruderalized, as compared to the Słupia River floodplain, as evidenced by the greater syntaxonomic diversity of phytocenoses of summer annuals on soils rich in nitrates (class *Bidentetea*). The grey alder forests are the phytocoenotic value of the Słupia floodplain within the city of Słupsk.

Keywords: floodplain, macrophytes, phytocenosis, Słupia River, Strizhen River

Słowa kluczowe: fitocenoza, makrofity, równina zalewowa, rzeka Słupia, rzeka Strizhen

Introduction

Vegetation is an important topic in the research and practice of managing ecosystems in zones of water level fluctuations, not only in reservoirs, as Jiang W. et al. [2021] demonstrated in their article, but also in other rivers, lakes, and adjacent territories.

The vegetation of water bodies and waterlogged areas, in particular riverine areas (to a greater extent) and river floodplains (to a lesser extent), differs from other types of vegetation in its intrazonality, as well as in specific features of structure and functioning. The main factor of changes in the development of communities of aquatic macrophytes in water bodies and floodplains is the fluctuation of water level, which determines the morphological variability of plant species and associated plant communities. It should be noted that the development of higher aquatic vegetation in waters is caused, along with other factors, by wave and waste water movements [Kirvel 2005]. Also, the degree of anthropogenic pressure affects the state of the vegetation of the channel, coastal strips and floodplains of rivers.

For the purpose of studying the vegetation were chosen rivers Slupia and Strizen near the cities of Slupsk (Poland) and Chernihiv (Ukraine), located in a close latitudinal range (geographic coordinates 54°27'50", 17°01'43" and 51°30'19", 31°17'05") and moderate urbanization or the so-called residential load (urban population density 2,250 men/ km² and 3,632 men/km²). The climate of Slupsk is maritime, Chernigov is moderately continental. In both rivers, water level fluctuations occur with a certain regularity in time and during the entire vegetation of plants.

Study areas

The Slupia River is one of Baltic coastal rivers and is located in the region of Central Pomerania (North of Poland). It originates in a peatland in the vicinity of locality Sierakowice and flows into the Baltic Sea in locality Ustka. It flows through several lakes, including Lake Tuchlińskie, Trzebocińskie and Węgorzyno. The river is 138.6 km long and its catchment consists mainly of farmlands and forests, and encompasses 1623 km². The channel is about 12 m wide in the upper course of the river and rises downstream to about 20 m. Mean depth ranges from 0.7–1.2 m to 1.6 m in the upper and lower course, respectively. Maximal depth reaches 6 m. Banks are generally well defined. Typical discharge, averaged for the year, ranges from 17 to 18 m³. There are no anoxygenic episodes [Krzysztof 2009]. The Slupia River within the urban zone is more fleeting than the Strizhen River along the entire interval of its current.

The Stryzhen River is located in the Chernihiv region (North of Ukraine). It belongs to the basin of the Desna river and is a right-bank tributary of the first order. Natural vegetation covers 42.7% of the total pool. The river flows through the territory of Chernihiv region. The length of the river is 32.4 km, the catchment area is 158 km²; 8.0% of the river basin is covered with woods, 0.28% – with swamps and 57.3%

– with arable lands. The source of the river, which is located 2.5 km to the west of the village Veliky Osniaky, Ripky district, Chernihiv region, is 150.00 m above sea level. Flow rate of the river is 14.0 million m³, shallow stack year supply of 75 and 95% – respectively 9.39 million m³ and 5.53 million m³. River's flow is regulated poorly. The total number of ponds and reservoirs that regulate the local flow is 5, and their total volume is 1.531 million m³. The river water belongs to the calcium bicarbonate class, its hardness is 4.2–4.9 mgEq/l, its total mineralization is 290–320 mg/l. By its regime the Stryzhen river refers to the East European type. The river is fed mostly by snow and rain. The Stryzhen' river basin is highly cultivated: 7 villages and the city of Chernihiv are within the basin. The state of some environmental factors and orientation of the occurring processes cause the overall ecological situation in the basin of the Stryzhen river, which at present in general is unsatisfactory [Lukash et al. 2016].

Material and methods

Studies of vegetation of channels and floodplains of small rivers in urbanized territories were held in Słupsk city (Słupia River) and Chernihiv city (Stryzhen River). Materials (phytosociological relevés and herbarium) for the article were collected during 2017–2021. The field study of the vegetation was carried out by geobotanical methods (Korchagin, Lavrenko 1976). The 54 phytosociological relevés were carried out during the optimum of vegetation period in the areas of 4–50 m².

Syntaxa were identified according to Matuszkiewicz [2019], Dubyna [2006], and Mucina et al. (2016). Syntaxa names are ordered according to Mucina et al. [2016].

Results and their discussion

The classification scheme of vegetation of the Słupia and Stryzhen rivers respectively in the Słupsk city and Chernihiv city was drawn up based on the results of field studies, after the identification of syntaxa. It is presented in the Table.

Syntaxonomic composition of vegetation of channels and floodplains of small rivers in urbanized territories

Table

Skład syntaksonomiczny roślinności kanałów i teras zalewowych małych rzek na terenach zurbanizowanych

Tabela

Syntaxa	Słupia River (in Słupsk)	Stryzhen River (in Chernihiv)
Lemnetea O. de Bolos et Masclans 1955	+	+
Lemnetalia minoris O. de Bolos et Masclans 1955	+	+
Lemnion minoris O. de Bolos et Masclans 1955	+	+

Syntaxa	Ślupia River (in Ślupsk)	Stryzhen River (in Chernihiv)
<i>Lemnetum minoris</i> [Oberd. 1957] Th. Müller et Görs 1960	+	+
<i>Lemno minoris-Spirodeletum polyrrhizae</i> W. Koch 1954	+	+
<i>Salvinio-Spirodeletum (polyrrhizae)</i> Slavnic 1956	-	+
Potamogetonetalia Koch 1926	+	-
<i>Nymphaeion albae</i> Oberd. 1957	+	-
<i>Nuphareto lutei-Nymphaeetum albae</i> Nowinski 1930 et Tomaszewicz 1977	+	-
Isoëto-Nanojuncetea Br.-Bl. et Tx. in Br.-Bl. et al. 1952	-	+
Nanocyperetalia Klika 1935	-	+
<i>Eleocharition soloniensis</i> Philippi 1968	-	+
Transitive phytocoenosis between <i>Eleochario-Caricetum bohemicae</i> Klika 1935 em. Pietsch 1961 and <i>Dichostylidi-Helochloetum alopecuroidis</i> [Timar 1950] Pietsch 1973	-	+
Phragmito-Magnocaricetea Klika in Klika et Novák 1941	+	+
Phragmitetalia Koch 1926	+	+
<i>Phragmition communis</i> Koch 1926	+	+
<i>Phragmitetum communis</i> [Gams 1927] Schmale 1939	+	+
<i>Scirpetum lacustris</i> Schmale 1939		+
<i>Typhetum angustifoliae</i> [Allorge 1922] Soó 1927	+	+
<i>Typhetum latifoliae</i> Soó 1927	+	+
Oenanthetalia aquatica Hejny ex Balatova-Tulackova et al. 1993	+	+
Carici-Rumicion hydrolapathi Passarge 1964	+	+
<i>Butometum umbellati</i> [Konczak 1963] Philippi 1973	+	+
<i>Butomo-Sagittarietum sagittifoliae</i> Losev in Losev et V. Golub 1988	-	+
<i>Sagittario-Sparganietum emersi</i> R.Tx. 1953	-	+
Molinio-Arrhenatheretea Tx. 1937	+	+
Potentillo-Polygonetalia avicularis Tx. 1947	+	+
Agropyro-Rumicion Nordhagen 1940	+	+
<i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i> R.Tx. 1937	+	+
Alno glutinosae-Populetea albae P. Fukarek et Fabijanic 1968	+	-
Alno-Fraxinetalia excelsioris Passarge 1968	+	-
<i>Alnion incanae</i> Pawłowski et al. 1928	+	-
<i>Alnetum incanae</i> Lüdi 1921	+	-

Syntaxa	Śłupia River (in Ślupsk)	Stryzhen River (in Chernihiv)
Polygono-Poetea annuae Rivas-Mart. 1975	+	+
Polygono arenastrii-Poetalia annuae Tx. in [Gehu et al. 1972] corr. Rivas-Mart. et al. 1991	+	+
Polygono-Coronopodium Sissingh 1969	+	+
<i>Prunello-Plantaginietum</i> Faliński 1963	+	+
Bidentetea Tx. et al. ex von Rochow 1951	+	+
Bidentetalia Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadac 1944	+	+
Bidention tripartitae Nordhagen ex Klika et Hadac 1944	+	+
<i>Polygono-Bidentetum</i> [Koch 1926] Poli et J. Tx. 1960	+	+
<i>Chenopodium rubri</i> [Tx. in Poli et J. Tx. 1960] Hilbig et Jage 1972	+	+
<i>Chenopodietum glauco-rubri</i> Lohm. 1950	+	+
<i>Xanthio riparii-Chenopodietum</i> Lohm. et Walther 1950	+	+

Source: own research according to [Korchagin, Lavrenko 1976; Matuszkiewicz 2019; Dubyna 2006; Mucina et al. 2016].

Źródło: badania własne według [Korchagin, Lavrenko 1976; Matuszkiewicz 2019; Dubyna 2006; Mucina i in. 2016].

Coastal and aquatic vegetation of the Śłupia and Strizen rivers develops in their coastal zone, forming discontinuous stripes, which are often parallel to the coast, are 1–10 m long and up to 2 m wide. Find and pinpoint boundaries communities of macrophytes is not always possible due to partial mixing.

Communities of the coastal aquatic plants, like other groups of organisms, undergo targeted changes – successions. Modern successions of coastal aquatic vegetation of the Śłupia and Strizen rivers within the urban zones of Ślupsk and Chernigov are predominantly allogeneic, occurs due to external factors. For example, the first stage of overgrowing of the watercourse of the Sterzen river is marked by the dominance of such free-swimming species as *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, occasionally *Stratiotes aloides* whose participation in cenoses is 25–50%. Phytocenoses at the initial stage of overgrowing in the watercourse of the Śłupia River were not found.

In the coastal water strips of both rivers, we observed phytocenoses with monodominance *Phragmites australis*, *Glyceria maxima*, *Typha latifolia* (in the river Sterzen *Typha angustifolia*). Their projective cover in different communities is 60–80% (total grass cover 80–100%). These species form a grouping of perennial grasses *Glycerietum maximae*, *Phragmitetum communis*, *Scirpetum lacustris* Schmale, *Typhetum latifoliae*, *Typhetum angustifoliae*. These communities belong to the most widespread class of aquatic vegetation in Pomeranian and Polesie – *Phragmito – Magnocaricetea*. In stagnant water in these cenoses, the dominant species *Lemna minor* and *L. trisulca*

are found with a cover of no more than 15%. In the floodplains of the Slupia and Strizen rivers, there are meadow communities of rich, sometimes slightly saline, soils of heavy texture, which are periodically flooded or submerged. They belong to the order *Potentilla-Polygonetalia avicularis*. These natural communities alternate with areas of phytocenoses of the *Polygono-Poetea annuae* (unlike the previous ones, they have a greater number of annuals), which are formed under the influence of trampling and in places where waterfowl are concentrated.

Our research [Lukash et al. 2016] shows that under the influence of meteorological factors (mainly rainfalls) edaphic and hydrological conditions in the riverside alluvial sediment near the Stryzhen estuary has been changed. Ecological and coenotic sequence of succession is the following: *nitrophile community Chenopodietum glauco-rubri* → *community of therophytes, transitive from Eleochario-Caricetum bohemicae to Dichostylidi-Helochloetum alopecuroidis* → *halophilous community Ranunculo-Alopecuretum geniculati + ruderal community Prunello-Plantaginetum + water-terrestrial community Sagittario-Sparganietum emersi*.

The coastal psammophyton communities (transitive between *Eleochario-Caricetum bohemicae* and *Dichostylidi-Helochloetum alopecuroidis* of the Strizhen River are of the greatest scientific interest. Its formation was influenced by weather conditions, which indirectly freed habitat and favorable edaphic factors (moderate salinity and high nitrate content) [Lukash et al. 2016].

The vegetation of the floodplains of the Slupia and Strizen 'rivers has even more differences. The floodplain phytocenoses of the city of Sterzen in Chernigov are represented mainly by ruderal groups, in particular, phytocenoses from the class *Bidentetea*. Within the city of Slupsk (park of culture and recreation), in shallow water (1.0–1.5 m) in the floodplain reservoirs of the Slupia river, there are cenoses of attached vegetation with leaves floating on the water surface in particular communities belonging to the *Nuphareto lutei-Nymphaeum albae* association. These phytocenoses have 70–80% coverage, mainly due to dominant species (60–80%).

In the floodplain of the River Sterzen within the urban zone of Chernigov, floodplain forests have not survived. In the floodplain of the Slupia river within the city of Slupsk, we can find fragments of hygrophilic non-boggy forests belonging to the *Alnetum incanae* association. The secondary forest is formed by *Alnus incana* (L.) Moench., which has a crown density of 0.7–0.8 and a height of 12–16 m. The secondary forest includes *Ulmus laevis* and *Fraxinus excelsior*. *Humulus lupulus* L. occasionally winds along the tree trunks. The underbrush was not found, only single specimens are found *Rubus caesius*, *Salix cinerea* L., *Ribes nigrum* L., *Prunus padus*, *Sorbus aucuparia*. The layer of grasses has a projective cover of 50–70%. The herbaceous layer contains characteristic species *Alnion incanae* (*Carex remota*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea lutetiana*, *Festuca gigantea*, *Ficaria verna*, *Gagea lutea*, *Stellaria nemorum*, *Rubus caesius*, *Equisetum sylvaticum*, *Galium palustre*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Solanum dulcamara*, *Athyrium filix-femina*, *Thelypteris palustris* Schott). The *Alnetum incanae* association is diagnosed by species such as *Brachypodium sylvaticum*, *Chaerophyllum hirsutum*,

Deschampsia cespitosa, *Equisetum hyemale*, *Filipendula ulmaria*, *Geum urbanum*, *Geum rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Ranunculus repens*, *Stachys sylvatica*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Urtica dioica*, *Valeriana excelsa*.

The distribution of these forests in Pomerania is natural, because the European range of *Alnus incana* covers this territory (Figure).

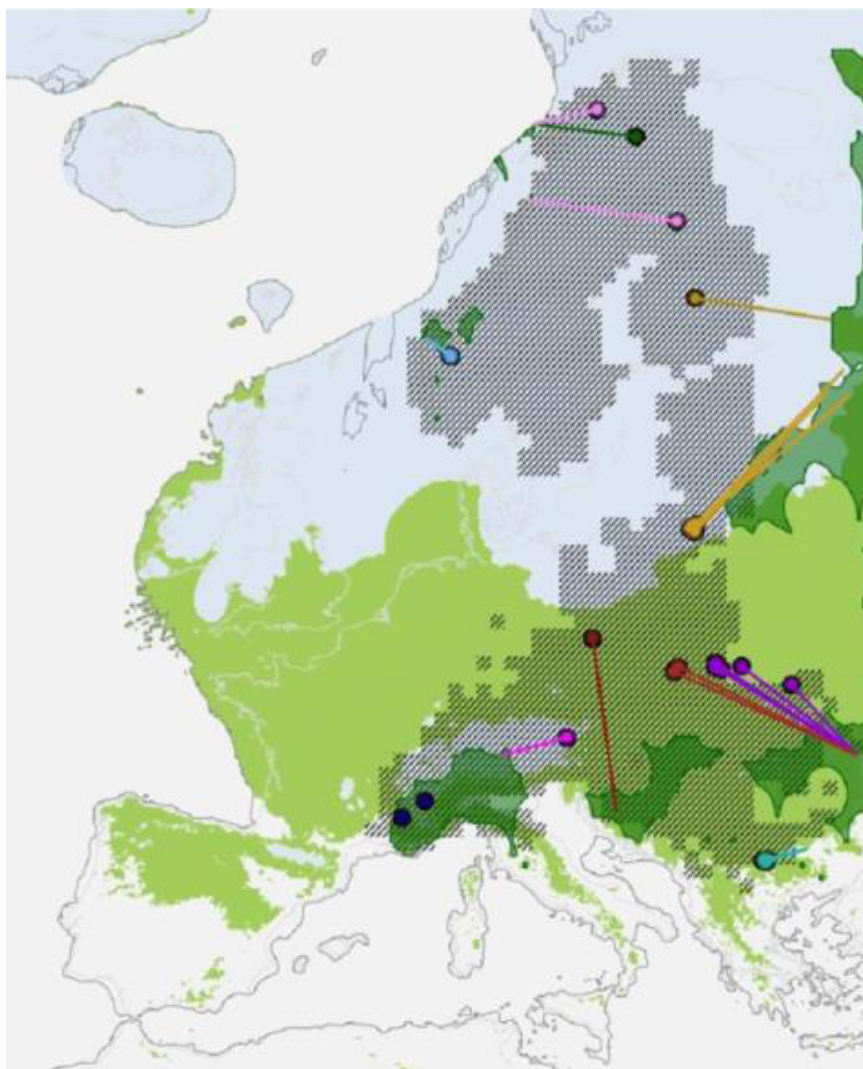


Fig. Distribution of *Alnus incana* in Europe
Ryc. Rozmieszczenie *Alnus incana* w Europie
Source: comp. based on [Kurto et al. 2018].
Źródło: oprac. na podst [Kurto et al. 2018].

Alnus incana (L.) Moench is native to western Europe. Gray alder prefers moist to mesic sites throughout its distribution but occurs in a wide variety of plant communities within that moisture gradient. Speckled alder occurs in forest, shrub, and herbaceous communities. It also occurs in elm-ash-cottonwood (*Ulmus-Fraxinus-Populus* spp.) galleries and forests and can be found on stream banks, lake shores and damp meadows and also in bogs and nutrient-rich swamp communities. Instead, Chernihiv Polesie, within which the floodplain of the Stryzhen River is located, is outside the continuous distribution of *Alnus incana*.

Conclusions

Both for the Słupia River within the city of Słupsk and for the Strizhen River within the Chernihiv city, the composition and dynamics of the plant aquatic macrophytes communities are determined by changes in weather and hydrological conditions, as well as anthropogenic pressure. Due to the higher velocity of the Słupia River in its channel free-floating plants communities of the Lemnetaea minoris class poorly represented.

At the same time, such communities, along with eu- and mesotrophic phytocenoses of the Potametea class, formed by plants completely submerged in water and with floating leaves, are found in floodplain water bodies. Communities of the Phragmito-Magnocaricetea class have formed in the coastal strips of both rivers, as well as in areas of the floodplain with wide fluctuations in water level, rich in mineral elements and silt deposits.

Temporarily flooded and highly zooanthropogenic nutrient-rich upland floodplains occupied by the Agropyro-Rumicion communities. On the hill with nitrified sandy, dry, hardened substrate we found the ruderal Prunello-Plantaginetum communities. However, the vegetation cover of the Strizhen River floodplain is more ruderalized, as compared to the Słupia River floodplain. It has the greater syntaxonomic diversity of phytocenoses of summer annuals on soils rich in nitrates (class Bidentetea).

Fragments of hygrophilous wetlands belonging to the Alnetum incanae association are the phytocoenotic value of the Słupia floodplain within the city of Słupsk. The spread of these forests is due to the availability of optimal climatic conditions in Pomerania (unlike Polesie) for the growth of the dominant *Alnus incana*.

Bibliography

Dubyna D.V., 2006, Вища водна рослинність. Lemnetaea, Potametea, Ruppiaetea, Zosteretea, Isoëto-Littorelletea (*Eleocharicion acicularis*, *Isoëtium lacustris*, *Potamion graminei*, *Sphagno-Utricularion*). Ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Phragmito-Magnocaricetea (*Glycerio-Sparganion*, *Oenanthion aquaticaе*, *Phragmition communis*, *Scirpion maritimi*) (Higher aquatic vegetation. Lemnetaea, Potametea, Ruppiaetea, Zosteretea, Isoëto-Littorelletea (*Eleocharicion acicularis*, *Isoëtium lacustris*, *Potamion*

- graminei, Sphagno-Utricularion), Phragmito-Magnocaricetea (Glycerio-Sparganion, Oenanthion aquaticaе, Phragmiton communis, Scirpion maritimi). Ed. Yu.R. Shelyag-Sosonko), Kyiv (in Ukrainian)
- Durrant T., de Rigo D., Caudullo G., 2016, *Alnus glutinosa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: European Atlas of Forest. Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. 66–67.
- Fryer J.L., 2011, *Alnus incana*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer), <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/alninc/all.html> [2021, November 29].
- Jiang W., Liu L., Xiao H., Zhu S., Li W., Liu Y., 2021, *Composition and distribution of vegetation in the water level fluctuating zone of the Lantsang cascade reservoir system using UAV multispectral imagery*. PLoS ONE 16(3): e0247682, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247682>.
- Kirvel I.I., 2005, Пруды Беларуси как антропогенные водные объекты, их особенности и режим (Ponds of Belarus as anthropogenic water bodies, their features and regime), Minsk (in Russian).
- Korchagin A.A., Lavrenko E.M., 1976, Полевая геоботаника. Методическое руководство, т. 5. Ред. Е.М. Лавренко (Field geobotany. Methodical guidance. Vol. 5. Ed. by E.M. Lavrenko), Moscow (in Russian).
- Krzysztof R., 2009, *Planktonic ciliates in the coastal medium-size river: diversity and productivity*, Polish Journal of Ecolog, 57, pp. 503–512.
- Kurtto A., Sennikov A.B., Lampinen R., 2018, Distribution of *Alnus incana* in Europe. In: Atlas Florae Europaeae – Distribution of vascular plants in Europe, vol. 23(1), p. 106.
- Lukash O., Kupchuk O., Karpenko Yu., Sliuta A., Kyrienko S., 2016, Dynamics of river-bank ephemeral plant communities in the Stryzhen' river estuary (Chernihiv, Ukraine), Ecological Questions, 24, pp. 27–35.
- Matuszkiewicz W., 2019, *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski (Guide for determination of Polish plant communities)*, Warszawa (in Polish).
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., García R.G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Guerra A.S., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M. & Tichý L., 2016, *Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities*, Applied Vegetation Science 19 (S1): 3–264, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/avsc.12257>.

Streszczenie

Badano roślinność koryt i teras zalewowych rzek Słupi i Strizhen, położonych w bliskim pasie równoleżnikowym w obrębie miast Słupsk (Polska) i Czernihów (Ukraina) o średnich wskaźnikach siedliskowych. Zarówno dla rzeki Słupi w obrębie miasta Słupsk, jak i rzeki Strizhen w obrębie miasta Czernihów skład i dynamika zbiorowisk roślinnych makrofitów wodnych są determinowane przez zmiany warunków pogodowych i hydrologicznych, a także presję antropogeniczną. Roślinność koryt i zagłębień teras zalewowych obu rzek reprezentowana jest przez typowe zbiorowiska klas *Lemnetea minoris*, *Potametea*, *Phragmito-Magnocaricetea*. Czasowo zalewane i wysoce zooantropogeniczne, wyżynne tereny

zalewowe o dużej zawartości składników odżywczych, zajmowane przez zbiorowiska *Agropyro-Rumicion*. Ze względu na większą prędkość rzeki Słupi w jej korycie, słabo reprezentowane są zbiorowiska roślin swobodnie pływających. Szata roślinna doliny zalewowej Strizhen jest bardziej ruderalizowana w porównaniu z doliną zalewową Słupi, o czym świadczy większe zróżnicowanie składniowe fitocenozy jednorocznych na glebach bogatych w azotany (klasa *Bidentetea*). Olchy szare to walory fitocenotyczne doliny zalewowej Słupia w obrębie miasta Słupsk.

Saveli Kuzmin

Belarusian State University, Minsk
Belarus
kuzminsaweliy@bsu.by
ORCID: 0000-0002-0953-3570

Aliaksei Babko

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus
Senior Researcher of the Laboratory of Landscape Ecology
alexeibobko@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0391-6239

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE OBSOLETE PESTICIDE DUMPS LOCATED IN THE BELARUSIAN PART OF THE ZAPADNAYA DVINA RIVER BASIN

OCENA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO WYSYPISK PRZESTARZAŁYCH PESTYCYDÓW, POŁOŻONYCH W CZĘŚCI BIAŁORUSKIEJ DORZECZA RZEKI ZAPADNAYA DVINA

Abstract: The article presents an assessment of the environmental impact of obsolete pesticide dumps located in the Belarusian part of the Western Dvina river basin (Postavy, Gorodok and Verkhnedvinsk pesticide dumps). The study focuses on identifying the migration of persistent organic pollutants (POPs) from pesticide dumps to groundwater and soil, as well as assessing the potential risk of transboundary transport of pollutants by the waters of the Western Dvina River.

Key words: obsolete pesticides, persistent organic pollutants, migration of pollutants, environmental assessment, environmental risks

Słowa kluczowe: przestarzałe pestycydy, trwałe zanieczyszczenia organiczne, migracja zanieczyszczeń, ocena środowiskowa, zagrożenia środowiskowe

Introduction

Dumps of obsolete pesticides pose a potential threat to the environment and humans as sources of toxic substances. The presence of pesticides in the environment is dangerous because of their resistance to degradation and their ability to migrate over long distances and accumulate in the tissues of living organisms. Even non-toxic doses of some persistent organic pollutants (POPs) can lead to the development of diseases of the human immune and reproductive systems due to their bioaccumulative properties and mobility in food chains.

In the 1970s and 1980s, about 8000 metric tons of pesticides to be disposed of was accumulated on the territory of the Republic of Belarus as a result of improper planning in agriculture [1]. This group includes both banned for use and expired pesticides. It was decided to dispose of obsolete pesticides in underground storages, which in most cases are pits (trenches) with impervious screens made of compacted clay at the bottom. When a pit or a trench was filled up with pesticides, it was covered by earth (buried). The most toxic substances were placed in concrete bunkers.

There is historical data on the presence of POPs-containing pesticides in the Verkhnedvinsk pesticide dump. There is no such data for the Gorodok and Postavy pesticide dumps.

Burying of pesticides was regulated by a temporary instruction [6]. According to the instruction, pesticide dumps should have impervious screens of compacted clay with a thickness of at least 1 m on the walls and at the bottom of the pit/trenches in which obsolete pesticides are placed. After filling the pit/trench it is covered with plastic wrap, then a layer of clay and a layer of soil.

For almost all pesticide dumps of obsolete pesticides there is no documentation related to their construction. Therefore, it is not possible to assess their compliance with environmental safety requirements.

In 1971–1988 in the Republic of Belarus, a total of seven pesticide dumps of obsolete pesticides were built: Brest, Slonim, Dribin, Petrikov, Verkhnedvinsk, Gorodok and Postavy. To date, obsolete pesticides have been completely removed from the Slonim and Brest pesticide dumps. At the Petrikov pesticide dump, work is still underway. Verkhnedvinsk, Gorodok and Postavy pesticide dumps are located in the basin of the Western Dvina River in the Vitebsk region of the Republic of Belarus. The first pesticide dump for obsolete pesticides was Postavy, which began to fill up in 1971. The Gorodok and Verkhnedvinsk dumps were built in 1973 and 1982, respectively.

In total, about 1000 metric tons of obsolete pesticides were buried in three pesticide dumps: in Postavskoe – 102 metric tons, in Gorodokskoye – 411 metric tons and in Verkhnedvinskoye – 455 metric tons. Surface runoff and groundwater from these three pesticide dumps ultimately end up in the Zapadnaya Dvina River. And pesticides, in the event of their migration from burials, may end up in the surface waters of neighboring states, namely Russia, Lithuania and Latvia.

The three storages of obsolete pesticides under consideration are located at the borders of the Republic of Belarus with neighboring countries. Thus, the Verkhnedvinsk pesticide dump is located at the borders of the Republic of Belarus with Latvia and Russia. The minimum distance to the border with Latvia is 7 km, with Russia – 28 km. Gorodok storage is located 10 km from the border with Russia, 10 km, Postavy storage – 20 km from the border with Lithuania (Figure 1).

After the construction of graves in 1971–1988, no environmental studies have been carried out at the sites of obsolete pesticides. For the first time, the survey of the Verkhnedvinsk, Gorodoksk, and Postavy pesticide dumps was carried out by the Central Research Institute for the Integrated Use of Water Resources (Minsk, Belarus) in 1999–2000 when samples of groundwater were taken from wells in the nearest rural settlements, as well as samples of surface water, soil and vegetation. Since 2003, Belarusian Research Center Ecology (Minsk, Belarus) has also been conducting environmental surveys at the pesticide dumps of obsolete pesticides.

The Republic of Belarus, as a party to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, has adopted a National Plan for the implementation of obligations under this convention for the period up to 2028. Within the framework of this plan, it is planned to eliminate all existing pesticide dumps of obsolete pesticides [*National plan...* 2006; *Report on the frontal...* 2021]. Currently, plans are being developed to eliminate the Postavy and Gorodok pesticide dumps of obsolete pesticides.

This article provides an assessment of the migration of POPs from pesticide dumps of obsolete pesticides in the Belarusian part of the Western Dvina River Basin and their impact on the environment, primarily on groundwater. In addition, proposals are given to reduce this impact.

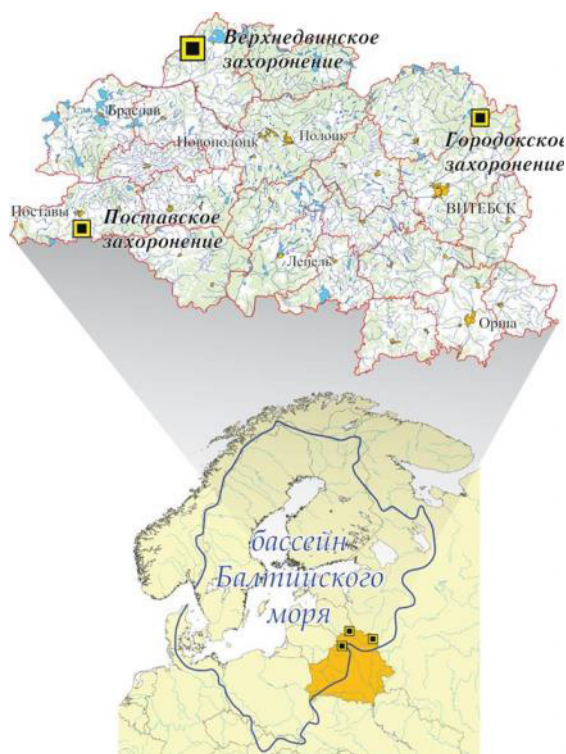


Fig. 1. Location of the three obsolete pesticides pesticide dumps in the Belarusian part of the Western Dvina river basin

Ryc. 1. Lokalizacja trzech mogilników przestarzałych pestycydów w białoruskiej części dorzecza Zachodniej Dźwiny

Surce: compiled by the authors.

Źródło: opracowane przez autorów.

Materials and methods

This article is based on archival data and data from our own research conducted in 2005–2021 [Assessment... 2007; Kuzmin, Dziaimidou, Babko 2017; Temporary... 1971; The identify... 2010; Sazonova, Kuzmin, Babko 2011]. The assessment of the state of the environment at the pesticide dumps of obsolete pesticides was carried out in three stages: the preparatory stage, the field stage, and the stage of laboratory research and analysis of the results.

The preparatory stage included the analysis of archival data on the amount and types of pesticides, as well as on the design of pesticide dumps. Much attention was also paid to the analysis of hydrogeological conditions and assessment of the protection of groundwater from pollution. This was necessary for planning field work based on the storage conditions of obsolete pesticides at each pesticide dump.

During the field work, the zones of influence of pesticide dumps of obsolete pesticides were examined and the condition of surface and ground waters, soils, and plants was assessed. At this stage, samples of surface water and groundwater, as well as soils were taken to determine the content of pollutants in them. The samples were studied using equipment and methods certified in the Republic of Belarus.

Geology and environment at the pesticide dumps

The site of the **Verkhnedvinsk** obsolete pesticide dump is surrounded by forest. It is located 500 m from Turia River, which is a tributary of the Saryanka River, which in turn flows into the Western Dvina River.

The upper layer of the geological section at the site of the storage of obsolete pesticides is represented by varved clays. In some places they are covered with a layer of clay sands up to 1.5 m thick. The layer of varved clay has a thickness of at least 15–20 m, which was revealed by exploration wells drilled during the survey of the site [Kuzmin, Savastenko 2011].

Due to the occurrence of clay on the surface, there is no groundwater at the site. In shallow clayey sands, a perched water is formed. Perched water does not have a significant effect on the storage conditions of unsuitable pesticides. Infiltration of atmospheric precipitation into the underlying aquifers through the storage is unlikely due to the significant thickness of the clay layer. However, it cannot be ruled out that pesticides would enter nearby streams with perched water and then eventually end up in the Zapadnaya Dvina River.

There is no any data on the design of the trenches/pits in which pesticides are stored.

Gorodoksk pesticide dump for obsolete pesticides is located in a wooded, swampy area. A swamp adjoins the storage area for obsolete pesticides from the east. As a result, access is only possible from three sides. There are relatively few settlements in this area. The nearest one is located 3.5 km from the pesticide dump.

In the area where the repository of obsolete pesticides is located, the first aquifer from the surface is confined to fluvio-glacial sands with a thickness of about 7 m. Below there are sandy loams and loams of the Poozersky glaciation. The groundwater level is at depths from 1.5 to 3 m from the surface.

According to the ecological passport of the obsolete pesticide's storage, drawn up in 1990, it consists of four trenches 10 m long, 2 m wide and 2 m deep. The walls, bottom and ceiling of the trenches are made of compacted clay 1 meter thick. To store the most toxic pesticides, a bunker made of monolithic reinforced concrete with a wall thickness of 300 mm was built in the southeastern part of the pesticide dump.



Fig. 2. Verkhnedvinsk pesticide dump.

Rys. 2. Mogilnik w pobliżu miasta Wierchniedwińska

Source: c. 2006, photo by A. Babko.

Źródło: ok. 2006 r., fot. A. Babko.

The site of the **Postavy** obsolete pesticide dump is surrounded by forest. It is situated 7 km to the south from the city of Postavy.

Postavy pesticide dump is located on the watershed of the Zapadnaya Dvina and Viliya river basins. The closest river to the repository is the Myadelka River. It flows out of Lake Myadel, 8 km south of the burial site, and flows south of Postavy into the Bireta River, which is a tributary of the Desna River.

In the area where the repository of obsolete pesticides is located, the first aquifer from the surface is confined to fluvioglacial sands with a thickness of about 18 m. Below there are sandy loams and loams of the Poozersky glaciation. The groundwater level is at depths from 13 to 15 m from the surface.



Fig. 3. Gorodok pesticide dump

Ryc. 3. Mogilnik w pobliżu miasta Gorodok

Source: c. 2007, photo by A. Babko.

Źródło: ok. 2007 r., fot. A. Babko.

Geomagnetic studies carried out in the summer of 2021 suggest the presence of reinforced concrete slabs at the base of the trenches in which pesticides are stored. Two areas of positive magnetic anomalies were detected. They are representing the main body of the storage in the center of the site and a much smaller site possibly connected with buried metal details (like metal containers or construction waste).



Fig. 4. Postawy pesticide dump

Rys. 4. Mogilnik w pobliżu miasta Postawy

Source: c. 2007, photo by A. Babko.

Źródło: ok. 2007 r., fot. A. Babko.

Results and its discussion

Despite the fact that environmental monitoring at pesticide dumps is mandatory in the Republic of Belarus, there is no continuous series of observational data for them. Available water and soil sampling data used in the article are noted in the Table 1.

Table 1.

Data on water and soil samples used in the article

Tabela 1.

Wykorzystane w artykule dane dotyczące próbek wody i gleby

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Verkhnedvinsk pesticide dump																			
Water	+	+	+	+		+	+	+							+	+	+		
Soil																			
Gorodok pesticide dump																			
Water			+	+	+		+	+			+				+	+	+		
Soil											+								+
Postavy pesticide dump																			
Water					+		+	+							+	+	+		
Soil																			+

Source: compiled by the authors based on [*Unpublished protocols...*].

Źródło: opracowane przez autorów na podstawie [*Unpublished protocols...*].

Contamination of groundwater and surface water

Water near **Verkhnedvinsk** pesticide dump is monitored the analysis of perched water samples from an observation well, as well as samples of surface water from nearby streams and from the Turya River. All detected concentrations of pesticides were below MPC.

The presence of pesticides in perched water samples was found in 2003, 2005 and 2006 when the presence of HCH and DDT isomers were detected. In 2007–2020, no pesticides were found in the samples of perched water.

In the waters of streams pesticides were identified in 2003, 2005, 2006 and 2009. HCH and DDT isomers were detected, as well as aldrin. As for samples from Turya

river, the only case when traces of HCH was detected in 2006 does not have any credible explanation and is likely an error of sample collection or analysis.

Table 2.

Detected pesticides concentrations in ground and surface water at Verkhnedvinsk pesticide dump*

Tabela 2.

Stężenia pestycydów w wodach gruntowych i powierzchniowych na mogilniku w pobliżu miasta Wierchniedwińska*

	2003	2005	2006	2009
Ground water	ΣHCH: 5.9*10 ⁻⁵ mg/dm ³	ΣDDT: 4.5*10 ⁻⁵ mg/dm ³	ΣHCH: 3.7*10 ⁻⁵ mg/dm ³	No pesticides detected
Surface water	ΣHCH: 7.4*10 ⁻⁵ mg/dm ³ ΣDDT: 1.5*10 ⁻⁵ mg/dm ³ Aldrin: 3.1*10 ⁻⁵ mg/dm ³	ΣDDT: 2.9*10 ⁻⁶ mg/dm ³	ΣHCH: 9.0*10 ⁻⁷ mg/dm ³	ΣHCH: 1.3*10 ⁻⁵ mg/dm ³

* ΣHCH and ΣDDT are the sum of the concentrations of all HCH isomers and DDT, DDD, and DDE respectively. The maximum concentration was selected among samples of each type (ground-water, surface water).

Source: [Unpublished protocols...].

Źródło: [Unpublished protocols...].

The most difficult situation is developing at the **Gorodok** pesticide dump. Migration of pesticides into the groundwater and surface waters was detected since the very beginning of regular monitoring.

In a groundwater sample from observation well No. 3, taken in August 2009, the total content of HCH isomers reached 0.117 mg/dm³ (5.85 MPC). In a repeated sample from the same observation well, taken in October 2009, the total content of HCH isomers was 0.128 mg/dm³ (6.4 MPC). Reported values for 2017–2019 are so high that they do not fit into the scheme of previous measurements. They need to be verified by subsequent measurements.

Table 3.

Detected pesticides concentrations in ground and surface water
at Gorodok pesticide dump

Tabela 3.

Stężenia pestycydów w wodach gruntowych i powierzchniowych
na mgilniku w pobliżu miasta Gorodok

	2005	2006	2007	2009	2010
Ground water	Observation wells were build in 2006	ΣHCH: 0.0027 mg/dm ³	ΣHCH: 0.012 mg/dm ³	ΣHCH: 0.117 mg/dm ³	ΣHCH: 0.048 mg/dm ³
Surface water	ΣHCH: 4.2*10 ⁻⁶ mg/dm ³	ΣHCH: 6.5*10 ⁻⁴ mg/dm ³ Heptachlor: 7.5*10 ⁻⁶ mg/dm ³ Endosulphate: 1.9*10 ⁻⁵ mg/dm ³	Pesticides were not detected	Pesticides were not detected	ΣHCH: 0.021 mg/dm ³

	2013	2017	2018	2019
Ground water	ΣHCH: 0.0152 mg/dm ³	ΣHCH: 1.6 mg/dm ³	ΣHCH: 4.78 mg/dm ³	ΣHCH: 10.2 mg/dm ³
Surface water	ΣHCH: 5.6*10 ⁻⁵ mg/dm ³	No samples	No samples	No samples

Source: [Unpublished protocols...].

Źródło: [Unpublished protocols...].

Groundwater near **Postavy** pesticide dump is monitored using four observation wells. Samples of surface water were also taken from Myadelka River, Dolzha lake, Glodovo lake, Zadevskoe lake but only to determine the content of inorganic substances. All detected concentrations of pesticides were below MPC.

Groundwater sampling revealed that HCH and DDD compounds as well as heptachlor were present in groundwater (Table 3). Pesticide concentrations in the most polluted observation well No. 3 were as low as 0.01 MPC. However, data for 2017–2019 indicates that their concentrations have risen sharply. As with the reported values for Gorodok pesticide dump for the same period, they are extremely high and need to be verified by subsequent measurements.

In our opinion, **soil contamination** with pesticides near pesticide dumps is mainly due to the migration of pesticides with surface runoff. This was evidenced by the results of soil studies at Gorodok pesticide dump, when three layers of soil were tested for pesticides. In most on the 16 sampling sites, the highest concentrations of pesticides were found in the surface layer, decreasing with the depth. However, in some cases, the concentrations were maximum under the surface layer of the soil. This can be explained by the fact that pesticides spilled out of the container during the filling of the storage.

Table 4.

Concentration of pesticides in ground and surface waters
of the Postavy pesticide dump (no surface water samples were taken)

Tabela 4.

Stężenia pestycydów w wodach gruntowych i powierzchniowych
na mogilniku w pobliżu miasta Postawy (nie pobrano próbek wód powierzchniowych)

	2007	2009	2010	2017
Ground water	ΣDDT: $5.9 \cdot 10^{-5}$ mg/dm ³ Heptachlor: $1.4 \cdot 10^{-5}$ mg/dm ³	ΣHCH: $4.0 \cdot 10^{-5}$ mg/dm ³ Heptachlor: $3.7 \cdot 10^{-5}$ mg/dm ³	ΣHCH: $1.4 \cdot 10^{-5}$ mg/dm ³ ΣDDT: $8.9 \cdot 10^{-4}$ mg/dm ³	ΣDDT: 0.18 mg/dm ³
	2018	2019		
Ground water	ΣDDT: 0.044 mg/dm ³	ΣDDT: 0.18 mg/dm ³		

Source: [Unpublished protocols...].

Źródło: [Unpublished protocols...].

According to a 2013 soil survey of the Gorodok pesticide dump, pesticide concentrations were below the detection limit in most of the 16 soil samples collected, and only two samples showed insignificant concentrations of pesticides. Concentrations exceeding the MPC were observed at one point, where the DDT concentration reached 0.173 mg/kg (1.59 MPC) (Table 5).

According to the latest soil survey of the Postavy pesticide dump, the maximum concentrations of HCH and DDT are 20–60 times higher than in Gorodok pesticide dump (Table 5). The location of the most polluted sampling sites generally corresponds to the location of positive magnetic anomalies (the central part and the northeast corner). Such a situation could occur, for example, when pesticides were spilled and mixed with sand while covering pesticide-filled pits/trench during construction work.

Table 5.

Detected pesticides concentrations in soil at Gorodok
and Postavy pesticide dumps

Tabela 5.

Wykryte stężenia pestycydów w glebie w mogiłnikach
w pobliżu miast Gorodok i Postawy

	2013	2021
Gorodok	ΣHCH: 0.0184 mg/kg ΣDDT: 0.173 mg/kg	No data
Postavy	No samples	ΣHCH: 0.393 mg/kg ΣDDT: 11.39 mg/kg

* ΣHCH and ΣDDT are the sum of the concentrations of all HCH isomers and DDT, DDD, and DDE respectively. The maximum concentration was selected.

Source: [*Unpublished protocols...*].

Źródło: [*Unpublished protocols...*].

Conclusion

Studies conducted by both the authors of this article and other organizations on the three considered pesticide dumps for obsolete pesticides located within the Belarusian part of the Zapadnya Dvina river basin have established that all pesticide dumps for obsolete pesticides affect the soil, surface water and groundwater. This also applies to atmospheric air. Although measurements of the concentration of pesticides in the air have not been carried out, their presence is often determined by the characteristic smell in the vicinity of pesticide dumps.

Research confirms the migration of pesticides and their decay products from pesticide dumps into groundwater. At the Gorodok and Postavy pesticide dumps, migration to surface waters was also revealed.

Concentrations of pesticides in groundwater at the sites of these pesticide dumps in most cases ranged from $1 \cdot 10^{-6}$ to $1 \cdot 10^{-5}$ mg/dm³. But in 2009 the total content of HCH isomers at the Gorodok pesticide dump reached 6.4 MPC. And the data reported for Gorodok and Postavy pesticide dumps for 2017–2019 reveals that pesticides concentrations spiked. However, this data needs to be verified by subsequent measurements.

Studies also confirm the presence of pesticides in the surface soil layer of pesticide dumps. This is typical for areas located down the slope. Pesticide concentrations vary from insignificant values close to the detection limit to values many times higher

than the established standards. The maximum concentration was recorded for DDT at the Postavy pesticide dumps and amounted to 42.8 MPC. The types of pesticides found in soil are the same as those found in groundwater and surface water.

The three pesticide dumps under consideration can be ranked according to the risk of pollution from the highest to the lowest as follows: Gorodok, Postavy, Verkhnedvinsk. The typical rate of transfer of pollutants from pesticide dumps by groundwater is up to several tens of meters per year and is relatively low. In addition, pesticide dumps are located at a distance from populated areas. Therefore, contamination of drinking groundwater with pesticides is not expected in the foreseeable future. At the same time, if surface water is polluted as a result of flat runoff by atmospheric precipitation, pesticides can enter the Zapadnaya Dvina river basin.

The practical experience of the authors of the article indicates that the only effective way to eliminate the risk of environmental pollution and the negative impact on public health from obsolete pesticide dumps is the recovery of pesticides and their disposal.

Bibliography

- Assessment of the ecological state of burial sites and the degree of environmental impact, including assessment of the impact of the Verkhnedvinsk burial site on the components of the natural environment in a transboundary context (the Western Dvina River basin)*, Development of proposals for minimizing the impact of burials on the environment: Report on research (final) / NGO “Akhova ptushak Batskaushchyny”, Minsk 2007, p. 55.
- Kuzmin S., Dziamidau A., Babko A., 2017, *Environmental risk from waste disposal facilities located in the belarusian part of the Zapadnaya Dvina river basin* / “Journal of international scientific publications: ecology & safety”, Number 11, Bulgaria, p. 394–401.
- Kuzmin S.I., Savastenko A.A., 2011, *Pesticides in the Republic of Belarus: inventory, monitoring, environmental impact assessment*, Minsk, p. 84.
- National plan for the fulfillment of obligations assumed by the Republic of Belarus under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants for 2009–2010 and for the period up to 2028*, Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, Global Environment Facility, World Bank, Minsk, Belsens 2006, p. 200.
- Report on the frontal survey of Postavy disposal of obsolete pesticides* / Supervisor: S.I. Kuzmin, Belarusian State University, Minsk 2021, p. 73.
- Sazonova V., Kuzmin S., Babko A., 2011, *Obsolete Pesticides (POPs) in the Republic of Belarus: Inventory, Monitoring and Environmental Impact Assessment* // In: Status of Obsolete Pesticide Stockpiles in Eastern Europe, Caucasus and Centralasia (EECCA) Countries: Sharing Experience of the European Union (EU) / Editors: John Vijgen, Gulchohra Aliyeva, Diana Mazqutova / 11th International HCH and Pesticides Forum / Gabala, Republic of Azerbaijan/ 2011, p. 70–72.
- Temporary instructions for the destruction of pesticides and containers from them, recognized as unsuitable for use*, Minsk 1971, p. 34.

To identify the levels of environmental pollution with persistent organic pollutants (POPs) in the areas of disposal of obsolete pesticides and develop measures to reduce the harmful effects on ecosystems, Stage 2 (2010) "Assessment of groundwater pollution with POPs and development of measures to reduce the negative impact of pesticides on ecosystems" [Text]: research report (final) / RUE "Bel NRC "Ecology"; hands Kuzmin S.I.; performer Bobko A.V. [and others], Minsk 2010, p. 226.

Unpublished protocols for conducting laboratory studies of samples of ground and surface waters, as well as soils. Samples were taken at different times by both the authors and other organizations as part of environmental monitoring near pesticide dumps.

Streszczenie

W latach 70. i 80. na terenie Republiki Białoruś zgromadzono około 8000 ton metrycznych przestarzałych pestycydów. Przestarzałe pestycydy umieszczono w dołach (wykopach) z nieprzepuszczalnymi ekranami z ubitej gliny na dnie. Najbardziej toksyczne substancje umieszczono w betonowych bunkrach.

Badania trzech rozpatrywanych składowisk pestycydów znajdujących się w białoruskiej części dorzecza rzeki Zapadnia Dźwina wykazały, że wpływają one na glebę, wody powierzchniowe i gruntowe. Stężenia pestycydów w wodach podziemnych w większości przypadków były poniżej maksymalnego dopuszczalnego stężenia (MPC) i wahały się od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-5}$ mg/dm³. Jednak w 2009 r. całkowita zawartość izomerów HCH na składowisku pestycydów Gorodok osiągnęła 6,4 MPC.

W powierzchniowej warstwie gleby hałd znaleziono pestycydy. Ich stężenia znacznie się różnią. Maksymalne stężenie zanotowano dla DDT na składowisku pestycydów Postavy i wyniosło 42,8 MPC. Rodzaje pestycydów znajdujących się w glebie są takie same jak te znajdujące się w wodach gruntowych i powierzchniowych.

Trzy rozważane składowiska pestycydów można uszeregować według ryzyka zanieczyszczenia od najwyższego do najniższego w następujący sposób: Gorodok, Postavy, Verkhnedvinsk. Autorzy uważają, że jedynym skutecznym sposobem wyeliminowania ryzyka zanieczyszczenia środowiska i negatywnego wpływu przestarzałych składowisk pestycydów na zdrowie publiczne jest odzyskiwanie pestycydów i ich utylizacja.

Левкевич В.Е.

Белорусский национальный технический университет, Минск
Беларусь
eco2014@tut.by
ORCID: 0000-0002-1833-1495

Бузук А.В.

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск
Беларусь
uk007@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-8356-9977

Миканович Д.С.

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск
Беларусь
dmikanovich@list.ru
ORCID: 0000-0002-3560-1741

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕРХОВЫХ ОТКОСОВ И БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ С ДЕФОРМИРОВАННЫМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КРЕПЛЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ТЕЧЕНИЙ

STEADINESS OF UPPER SLOPES OF PROTECTING DAMS AND COASTAL SLOPES WITH DEFORMED REINFORCED CONCRETE ANCHORS UNDER CONDITIONS DEVELOPMENT OF INTRA-AQUATIC CURRENTS

Резюме: Рассмотрены условия воздействия ветрового волнения на грунтовые верховые откосы подпорных сооружений и естественные берега, имеющие крепление в виде железобетонных плит покрытия с деформациями. Показаны результаты моделирования режима внутриводоемных течений и натурных обследований искусственных водных объектов. Предложен критерий для оценки устойчивости грунтовых откосов и береговых склонов, имеющих железобетонное крепление с нарушенной структурой и определены условия его применимости. Предложены мероприятия по инженерной защите берегов водохранилища.

The conditions of the impact of wind waves on the ground uphill slopes of the retaining structures and natural shores, having fastening in the form of reinforced concrete slabs with deformation, are considered. The results of the analysis of field surveys inland currents and field surveys of artificial water bodies. A criterion for assessing the stability of ground slopes and coastal slopes with reinforced concrete fastening with a broken structure is proposed, and the conditions for its applicability are determined. Measures for engineering protection of the reservoir banks is proposed.

Ключевые слова: водохранилище; берегоукрепительное сооружение; моделирование; устойчивость, критерий устойчивости

Key words: reservoir; coast protection structure; modeling; steadiness; steadiness criterion

Введение

Общая длина берегоукрепительных сооружений и закрепленных откосов дамб и плотин различными видами креплений на водохранилищах Республики Беларусь составляет около 250 км. Длина поврежденных и разрушенных берегоукрепительных сооружений по данным натуральных обследований, проведенных с 2007 по 2017 годы – оценена в пределах 44% или 110 км [Kalinin].

Значительные сроки эксплуатации водохранилищ способствуют износу основных фондов, поэтому состояние берегоукрепительных сооружений, обеспечивающих устойчивость и «консервацию» первоначального состояния берегового склона, дамбы или плотины, крайне важно для нормального функционирования объекта и снижения риска возникновения и развития аварий.

Основная часть. Исследование устойчивости берегоукрепительных сооружений.

Одной из причин возникновения чрезвычайных ситуаций на водоемах является нарушение местной устойчивости напорного фронта в результате чего происходит повреждение швов, механическое разрушение поверхности плит крепления берегоукрепительных сооружений и т. д., что в свою очередь приводит к аварии. Ниже на рисунке 1 приведены характерные повреждения берегоукрепительных сооружений, зарегистрированные на водохранилищах Беларуси.



Водохранилище «Лепельское»



Водохранилище «Волпа»



Водохранилище «Острошицкий Городок»



Водохранилище «Чигиринское»

Рис. 1. Типичные повреждения креплений откосов и берегов

Fig. 1. Typical damage to slope and bank fastenings

Источник: [Kalinin].

Source: [Kalinin].

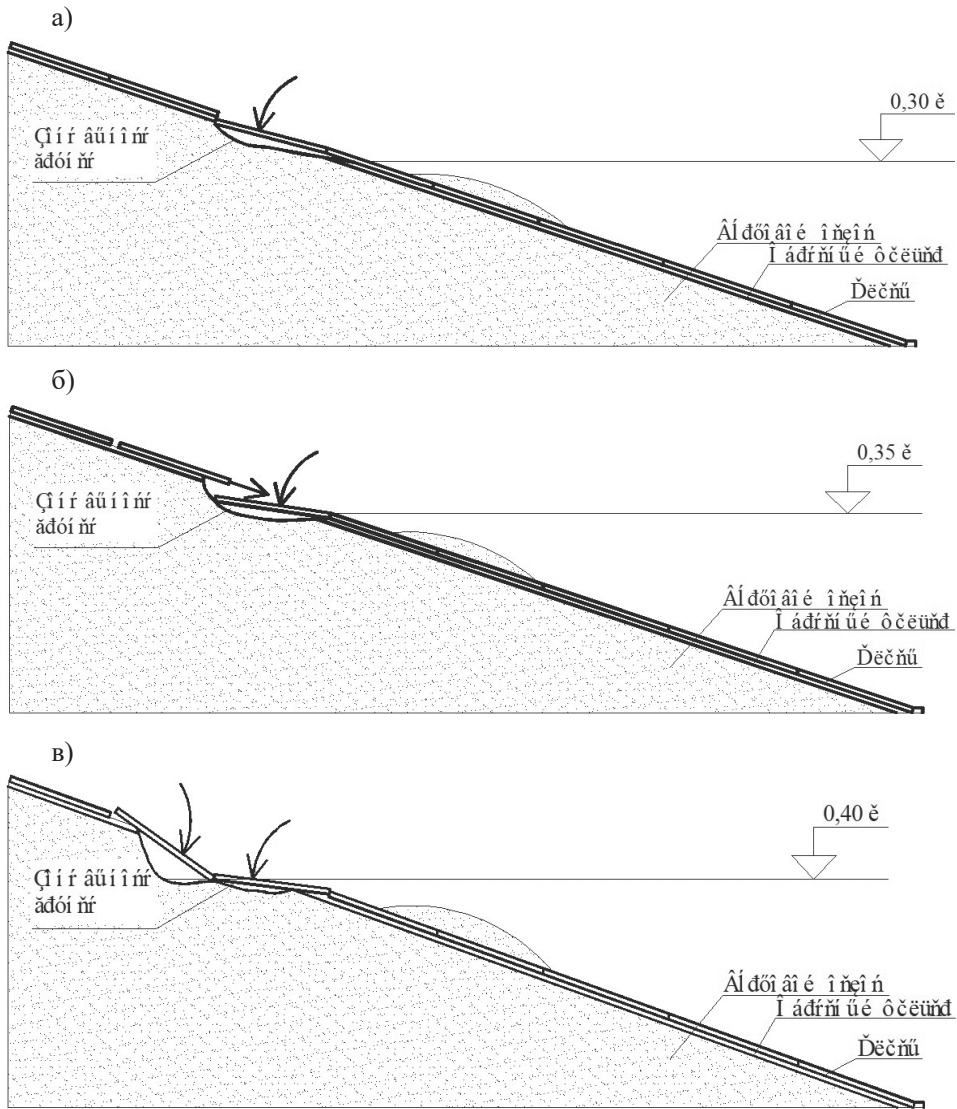
Автором в результате многочисленных лабораторных экспериментов, а также длительных многолетних натурных исследований было установлено, что нарушение целостности и дальнейшее разрушение крепления откосов и береговых склонов водохранилищ, выполненное из сборных железобетонных плит может происходить по трем расчетным схемам (рисунок 2) [Buzuk 2015].

Полученные в лабораторных условиях расчетные схемы разрушения берегоукрепительных сооружений характеризуются следующими показателями:

1-я схема – НПУ находится ниже разрушенного заполнения межплиточных швов;

2-я схема – НПУ находится в нижней части плит с разрушенными заполнения межплиточных швов;

3-я схема – НПУ находится в верхней части плит с разрушенными заполнения межплиточных швов.



- a – оседание плиты выше уреза воды;
 б – оседание плиты выше уреза воды и сползание плиты над ней;
 в – обвал плиты выше уреза воды и плиты над ней

Рис. 2. Схемы потери устойчивости крепления откоса (по данным натурных и лабораторных исследований)

Fig. 3. Schemes of stability loss of slope fixing (according to field and laboratory studies)

Источник: [Buzuk 2015].

Source: [Buzuk 2015].

Системный анализ причин, влияющих на состояние берегоукреплений показал, что к основным причинам, вызывающим их разрушение относятся:

- недостаточно полный учет условий эксплуатации водохранилищ Беларуси, связанный с изменениями характера регулирования, что влияет на уровеньный режим водного объекта и режим волнения [Buzuk 2015; Levkevich V.E. 2015];
- инженерные расчеты, использующие укрупненные расчетные схемы и зависимости, разработанные для морских условий и условий крупных водохранилищ;
- неточности изысканий в сочетании с невысоким качеством строительно-монтажных работ;
- отсутствие должного технического надзора за качеством строительства;
- низкий уровень эксплуатации и ремонта сооружений (заделки швов, подсыпки размывов и т.д.);
- отсутствие отдельной эксплуатационной службы и системы мониторинга состояния сооружений гидроузла.

Устойчивость берегоукрепительных сооружений водохранилищ определяют: гидродинамические, гидрогеологические, климатические, гидрометеорологические, геоморфологические, биологические и другие факторы и условия [Buzuk; Levkevich V.E. 2015; Zolotarev; Mikhnevich; Levkevich E.M. 1977].

К основным факторам, вызывающим деформации креплений откосов дамб и плотин, а также естественных берегов водных объектов относятся уровеньный, ветро-волновой и ледовый режимы, а также режим течений и вдольбереговое движение наносов.

В процессе натурного обследования водохранилищ с берегоукрепительными сооружениями, а всего было обследовано более 100 водохранилищ страны, – были также выделены условия, влияющие на масштаб и интенсивность деформации откосов: форма и угол заложения подводной и надводной частей откоса и берегового склона; превышение откоса и высота берега над НПУ водохранилища; форма береговой линии в плане; состав, структура, физико-механические свойства грунтов; избыточное увлажнение и суффозионные процессы, а также сама конструкция берегоукрепительных сооружений [Levkevich V.E. 2015; Zolotarev, Mikhnevich, Levkevich E.M. 1977].

Для защиты берегов в Беларуси в зависимости от характера грунтов, слагающих откос, и морфометрических характеристик водоема используют следующие береговые одежды: волноломы, прерывистое крепление, комбинированная защита. Береговые волноломы – сооружения трапециевидного поперечного сечения, предназначенные для защиты от размывающего действия волн береговой линии на небольшом расстоянии от уреза воды. Данный тип берегоукрепительного сооружения применяется на Заславском водохранилище. Кроме береговых волноломов на водохранилище Погост для защиты берега от размыва применяется берегоукрепительное сооружение в виде выдающейся

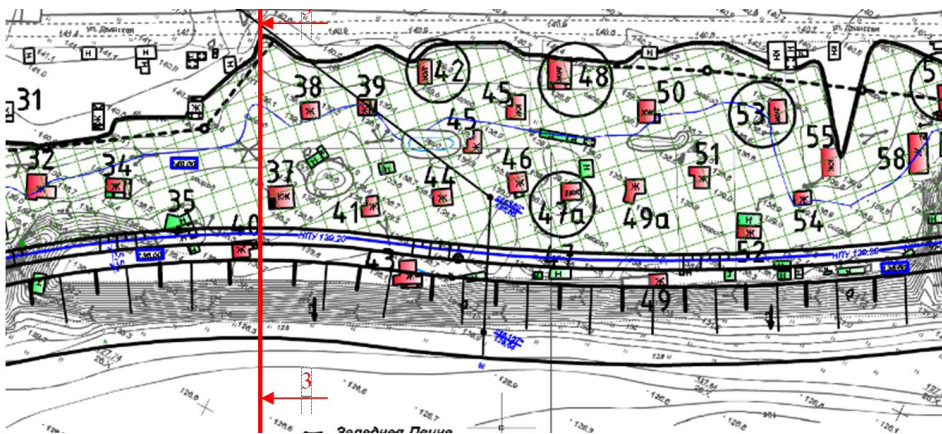
вглубь водоема поперечной дамбы с бунами, прерывающими вдольбереговое перемещение наносов [Shaytan; Pyshkin].

Прерывистое крепление берега разработано Ю.Н. Сокольниковым и представляет собой искусственный аналог бухтового берега: с небольшими глубинами у защищенных участков (мысов) и отмелями в бухтах [Shaytan, Pyshkin, Levkevich E.M. 1979; Levkevich V.E. 1984].

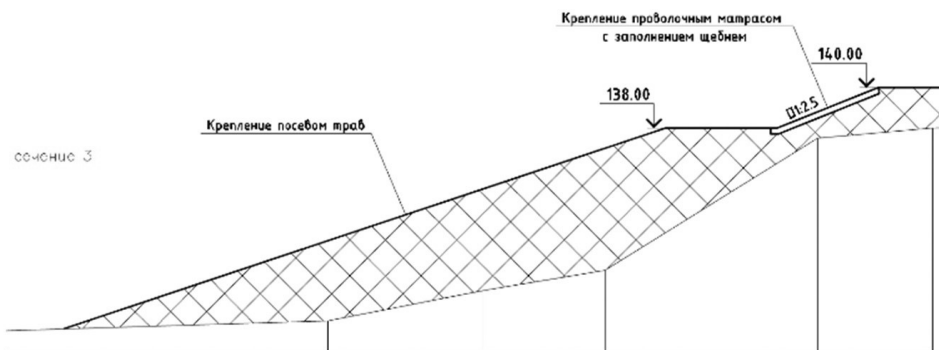
В Беларуси широко применяется комбинированная защита берегов водохранилищ. Выбор данного типа крепления обусловлен местными условиями: составом грунтов, слагающих берег; морфометрическими показателями водоема; уровнем грунтовых вод [Levkevich V.E. 2018; Buzuk 2011]. Примером использования комбинированной защиты берегов является Лепельское водохранилище.

Учитывая назначение волноломов и прерывистого крепления берега, их применение на водохранилищах Беларуси в большинстве случаев нецелесообразно ввиду малых размеров самих водоемов, а вместе с этим и незначительных параметров волнения и объема переносимых наносов относительно крупных водохранилищ и побережий морей и океанов.

На введенных в строй в 2017 году водохранилище Витебская ГЭС и в 2018 году Полоцкой ГЭС активно применяется комбинированная защита в виде: каменной наброски совместно с сетчатыми матами из рваного камня, железобетонных плит покрытия совместно с волноотбойной стеной, каменной наброски совместно с уположенным откосом, биологического крепления совместно с сетчатыми матами из рваного камня. В качестве объекта исследования был выбран участок водохранилища Витебской ГЭС у садового товарищества «Судостроитель». На рисунке 3 приведен вид запроектированного берегоукрепительного сооружения на этом участке.



а) участок берега с комбинированной защитой



б) разрез по 3-му сечению берега на исследуемом участке берега

Рис. 3. Берегоукрепительные сооружения Витебской ГЭС

Fig. 3. Bank protection structures of the Vitebsk hydroelectric power station

Источник: [Levkevich V.E. 2018; Buzuk 2011].

Source: [Levkevich V.E. 2018; Buzuk 2011].

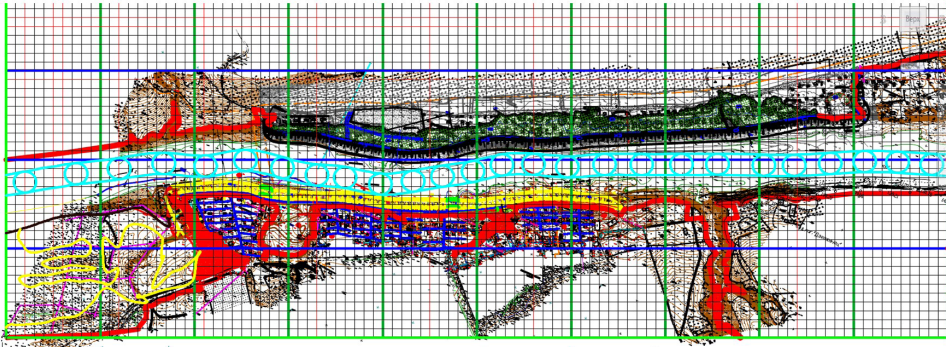
Устройство данного берегоукрепительного сооружения предполагало большой объем земляных работ и снос зданий у границы нормального подпорного уровня водохранилища, что привело бы к увеличению времени на его возведение и удорожанию проекта в целом. Поэтому, для уменьшения затрат при возведении объекта, было проведено моделирование режима стоковых течений для оценки устойчивости откосов берегов.

Моделирование режима стоковых течений участка на водохранилище Витебская ГЭС у садового товарищества «Судостроитель» для оценки устойчивости берегов

При решении задач моделирования скоростной структуры внутриводоемных течений в водных объектах, к которым относятся водохранилища, важную роль играет определение соответствующих расчетных схем (алгоритмов), по которым в последующем будет выполняться расчет распределения поля скоростей по акватории водоема с оценкой устойчивости береговых склонов и откосов берегоукрепительных сооружений [Buzuk A.V., Levkevich V.E.].

Опираясь на данные, полученные в результате проведенных ранее натурных и лабораторных исследований, моделирование продольных скоростей проводилось на основе разработанного к.т.н. А.А. Новиковым кода в интегрированной среде разработки программного обеспечения, реализованного на языке TurboPascal, которое позволило произвести расчеты значения скоростей и напоров потока жидкости.

На рисунке 4 приведены данные для расчета скоростей и напоров по защищаемому участку водохранилища, полученные совместно с д.т.н. В.Е. Левкевичем [Levkevich V.E. 2018].



красные линии – зона водоотведения, желтая линия – берегоукрепление у д. Барвин.

Рис. 4. Исходные данные для расчета скоростей и напоров по участку водохранилища Витебская ГЭС у садового товарищества «Судостроитель»

Fig. 4. Initial data for calculating the velocities and pressures for the section of the Vitebsk HPP reservoir at the garden partnership «Sudostroitel»

Источник: [Levkevich V.E. 2018].

Source: [Levkevich V.E. 2018].

Представленные результаты моделирования получены на основе разработанной имитационной модели, использующей закономерности процесса конвективной диффузии. В основу моделирования режима внутриводоемных течений были положены законы движения воды и примесей в водоемах, с учетом возможного сопротивления. В используемом программном коде движение воды приближено к реальным условиям в том числе и за счет изменения шероховатости по глубине потока.

Для описания скоростной структуры жидкости в русловом водохранилище используется плановая (двухмерная) математическая модель, которая получается из уравнения Навье-Стокса путем интегрирования трехмерной задачи по z-вертикальной координате, т.е. по глубине водоема [Buzuk, Levkevich V.E., Novikov].

Одним из допущений при моделировании явилось игнорирование так называемой роторной составляющей скоростного потока, которая важна только при оценке процесса конвективной диффузии различных примесей, что позволило свести решение поставленной задачи к уравнению типа Лапласа:

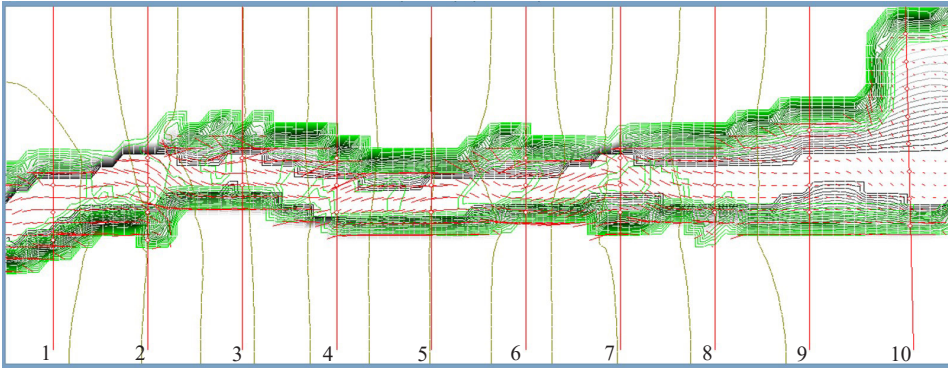
$$\Delta(F(x, y))\Delta=0 \quad (6)$$

Граничными условиями для уравнения (1) являются: неизменность уреза воды; отсутствие фильтрации при заданном перепаде отметок уровня на входном и выходном расчетных створах по моделируемому участку водохранилища.

Численное решение задач на базе уравнения (1) эффективно реализуется расщеплением по пространственным факторам, то есть путем сведения к малокритичному решению взаимозависимых одномерных задач.

В качестве исходной информации на координатной сетке задавались координаты контура береговой линии, глубины водоема и расчетные створы.

Результаты расчета распределения скоростных напоров в контрольных створах участка водохранилища Витебская ГЭС у садового товарищества «Судостроитель» приведены на рисунке 5.



серые линии – рельеф дна; зеленые линии – скоростной напор; бирюзовые линии – места максимальных скоростей; красные линии – расчетные створы

Рис. 5. Распределение скоростных напоров по участку водохранилища Витебская ГЭС у садового товарищества «Судостроитель»

Fig. 5. Distribution of velocity pressures in the section of the reservoir Vitebsk HPP near the garden partnership „Sudostroitel”

Источник: [Buzuk, Levkevich V.E., Novikov].

Source: [Buzuk, Levkevich V.E., Novikov].

На участках примыкания к урезу воды линий наибольшей насыщенности (максимальных скоростных напоров на рисунке 5) может наблюдаться разрушение верхних откосов ограждающей дамбы и берегов. Расчет скоростных напоров проводился при предусмотренной проектом постоянной отметке уровня верхнего бьефа водохранилища.

Результаты моделирования течений с учетом распределения по координатам расчетной сетки приведены в таблице 1.

Результаты распределения расчетных скоростей по координатам расчетной сетки на участке водохранилища

Таблица 1.

Tabela 1.

The results of the distribution of calculated velocities according to the coordinates of the computational grid in the reservoir section

Номер створа	Скорость v , м/с	Координата в узле сетки в расчетном створе
1	0,73	7,6
2	0,57; 0,42; 0,54; 1,66	12,0; 12,0; 7,6; 0,0

Номер створа	Скорость v , м/с	Координата в узле сетки в расчетном створе
3	0,49; 0,38	12,0; 12,0
4	0,5; 0,4	12,0; 12,0
5	3,1	4,3
6	2,6; 1,5	4,3; 6,0
7	0,51; 0,63	12,0; 5,8
8	0,6; 1,48	8,1; 6,3
9	0,61	5,8
10	2,8; 1,34	0,8; 3,7

Источник: [Buzuk, Levkevich V.E., Novikov].

Source: [Buzuk, Levkevich V.E., Novikov].

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что расчетные скорости стокового течения для незакрепленных участков береговых склонов превышают предельно допустимые значения. Эти участки будут подвержены деформации, что может привести к отступлению от запроектированных параметров береговой линии. Кроме того, определенные в результате расчета значения скоростей потока в совокупности с донными скоростями в границах старого русла реки Западная Двина, могут привести к деформациям запроектированного и строящегося берегоукрепления при несоблюдении требований технических нормативных правовых актов, регламентирующих их возведение.

При проектировании берегоукрепительных сооружений водохранилища «Витебская ГЭС» авторами учитывалось удобство его получения, монтажа и последующей эксплуатации, а также экономическая составляющая. Были предложены комплексные мероприятия по защите берега, включающие совместное использование: каменной наброски и сетчатых матов из рваного камня, каменной наброски и уположенного откоса (рисунок 6). Далее проводилась прогнозная оценка масштабов возможной переработки склонов после проведения берегоукрепительных мероприятий. В рамках «Технических предложений», разработанных совместно с д.т.н. В.Е. Левкевичем, были:

- выполнены прогнозные расчеты переработки береговой линии;
- проведены расчеты деформаций отсыпанных и спланированных откосов от совместного воздействия ветрового волнения, колебания уровней в верхнем бьефе, внутриводоемных и вдольбереговых течений и фильтрационных потоков;
- подготовлены предложения по изменению конструкции крепления откосов.

В результате анализа данных численного моделирования внутриводоемных течений установлено, что деформации могут подвергаться участки береговой линии, представленные ограждающими берегоукрепительными дамбами

и естественными берегами в зонах наибольшего воздействия и контакта скоростного потока.



Водохранилище «Витебская ГЭС»
защищаемый участок начало



Водохранилище «Витебская ГЭС»
защищаемый участок средняя часть



Водохранилище «Витебская ГЭС»
защищаемый участок нижняя часть



Водохранилище «Витебская ГЭС»
защищаемый участок нижняя часть

Рис. 6. Берегоукрепительные сооружения водохранилища «Витебская ГЭС» (комбинированная защита)

Fig. Bank protection structures of the reservoir «Vitebsk HPP» (combined protection)

Источник: [Chebotarev, Levkevich E.M. 1971; Maksimchuk].

Source: [Chebotarev, Levkevich E.M. 1971; Maksimchuk].

В соответствии с [Chebotarev, Levkevich E.M. 1971; Maksimchuk] под устойчивостью понимается способность конструкции или сооружения сохранять свои функции, защитные и несущие способности под действием внешних факторов. Факторы, выраженные в виде нагрузок и воздействий, приводящих к переработке береговой линии и деформации креплений сооружений, а также их распределение и сочетание, следует учитывать для оценки устойчивости креплений откосов и берегоукрепительных сооружений.

В условиях водохранилищ Беларуси, имеющих ограниченные линейные размеры, сила фильтрационного давления, оказывающая на плиты крепления и поверхность откоса взвешивающий эффект за счет значительного градиента

фильтрационного давления, может проявляться исключительно лишь в условиях естественных берегов при разгрузке фронта фильтрации на откос, что вызывает развитие суффозионных процессов. При инфильтрации фильтрационного потока из водохранилища в береговой склон – происходит эффект «прижимания» плиты к поверхности откоса [Levkevich E.M. 1971].

Схема воздействия и распределения волнового давления по откосу с покрытием из железобетонных плит приведена на рисунке 7. Наибольшие нагрузки возникают на откосе в точке 2, соответствующей зоне опрокидывания волны. Характер распределения скоростей в волновом потоке при разрушении на откосе отображен в виде эпюры распределения скоростей (рисунок 8).

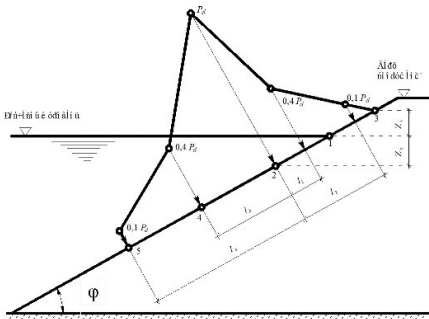
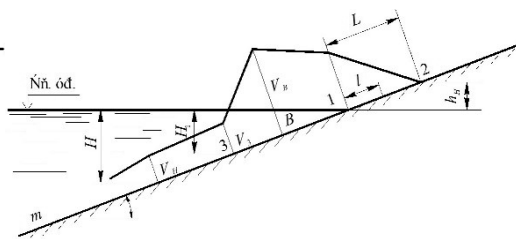


Рис. 7. Эпюра максимального волнового давления на откос, укрепленный плитами
Fig. 7. Diagram of maximum wave pressure on a slope reinforced with slabs
Источник: [Maksimchuk].
Source: [Maksimchuk].



Рису. 8. Распределение скоростей волнового потока по откосу
Fig. 8. Distribution of wave flow velocities along the slope
Источник: [Maksimchuk].
Source: [Maksimchuk].

В зоне разрушения и опрокидывания волны величины размывающих скоростей для грунтов подготовки и тела сооружения выше допустимых на размыв (рисунки 9, 10), что в случае наличия открытых швов вызывает вынос грунта из подплоточного пространства, расположенного на отметках близких к НПУ.

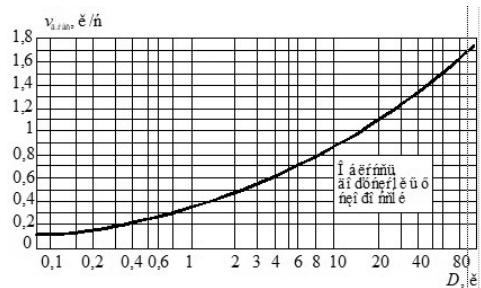
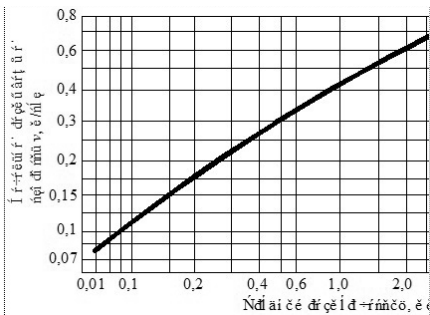


Рис. 9. График начальной размывающей волновой скорости для несвязного грунта

Fig. 9. Graph of the initial scouring wave velocity for non-cohesive soil
 Источник: [Mikhnevich; Maksimchuk; Buzuk 2018].
 Source: [Mikhnevich; Maksimchuk; Buzuk 2018].

Рис. 10. График допускаемых значений размывающих донных скоростей

Fig. 10. Graph of permissible values of non-erosive bottom velocities
 Источник: [Mikhnevich; Maksimchuk; Buzuk 2018].
 Source: [Mikhnevich; Maksimchuk; Buzuk 2018].

Наблюдаемые межплиточные деформации по натурным данным составляют от 3–5 до 10–30 см при высоте возможных ветровых волн в условиях Беларуси до 1,2 м [Levkevich V.E. 2015; Zolotarev]. При протекающей гидродинамической чрезвычайной ситуации расчетная скорость волнового потока в точках 1, 2 и 3 (рисунок 8) на размыв для грунта наиболее эффективно будет определяться по [Shaytan]:

$$v_1 = \frac{10k_{ш}\sqrt{g}}{2\pi + m} \sqrt[6]{h^2\lambda} \quad (1)$$

$$v_1 = v_1 \left(1 - \frac{l}{h_n \sqrt{1 + m^2}} \right) \quad (2)$$

$$h_n = \frac{2k_{ш}}{m} h^3 \sqrt{\frac{\lambda}{h}} \quad (3)$$

$$v_3 = \frac{n\pi h}{\sqrt{\frac{\pi\lambda}{g}} sh \frac{4\pi H_1}{\lambda}} \quad (4)$$

$$H_1 = \frac{1,22}{m^{0,8}} \sqrt{h\lambda} \quad (5)$$

где: $k_{ш}$ – коэффициент шероховатости, равный для бетонных плит 0,9; g – сила ускорения свободного падения, м/с²; h_n – высота наката волны, м; m – коэффициент заложения откоса; h – высота расчетной 1% волны; λ – длина волны, м.

Устойчивость откоса в условиях волнового воздействия при откате волны

Известно, что пока профиль, подверженный деформациям не достиг динамически устойчивой формы, по его поверхности происходит перемещение материала переработки в виде наносов, как вдоль, так и поперек уреза воды. Также

известно, что устойчивость частиц грунта, образующего подводную часть профиля берега (откоса), формируется под действием гидродинамических нагрузок, вызванных ветровым волнением, прямыми и обратными течениями волнового потока [Pyshkin, Levkevich E.M. 1979; Levkevich V.E. 1984; Levkevich V.E. 2018].

Основной причиной разрушения откосов, находящихся в зоне действия волнового потока, является возникновение волнового гидродинамического давления и взвешивающего давления грунтового потока в подстилающем слое. Учет соотношения сил, действующих на элемент грунта, дает возможность решить прикладную задачу по определению критерия устойчивости профиля динамического равновесия.

Из существующих методов расчета устойчивости откосов земляных сооружений, применяемых в механике грунтов, наибольшее распространение нашли графоаналитические, основанные на кругло-цилиндрических поверхностях скольжения, которые отображают устойчивость крупных грунтовых массивов, и не рассматривают местную устойчивость частиц грунта на откосе.

Существующие зависимости для допускаемых неразмывающих скоростей и допустимой (критической) влекущей силы также не учитывают влияние гидродинамических характеристик волнового потока на состояние устойчивости откоса. Поэтому для анализа воздействия комплекса сил, действующих на элемент грунта, находящийся на поверхности береговой отмели в волновом потоке, был использован метод оценки предельного состояния откоса. Этот метод дает возможность на основе учета действующих сил оценить местную устойчивость профиля равновесия [Levkevich E.M. 1979; Levkevich V.E. 1984; Levkevich V.E. 2018].

Такой подход при анализе позволил разработать авторам критерии устойчивости склонов при разных стадиях развития деформаций откоса [Levkevich V.E. 2018]. Кроме того, профессором Э.И. Михневичем был получен критерий устойчивости откоса с креплением каменной отсыпкой, а А.В. Бузуком – критерий устойчивости откоса под разрушенным бетонным креплением [18]. Структура полученных в результате экспериментальных натурных и лабораторных исследований научно обоснованных критериев приведены ниже в таблице 2.

Таблица 2.

Критерии устойчивости верховых откосов дамб из несвязных грунтов

№ п/п	Критерий устойчивости	Авторы-разработчики	Условия применения
1	$\Pi_1 = \frac{\rho'_0 (mf - 1)d}{h + ah_{1\%} f \sqrt{1 + m^2}}$	Михневич Э.И., Левкевич В.Е. [2018]	Начальная стадия развития профиля
2	$\Pi_2 = \frac{\gamma dfm}{\sqrt{\xi_1^2 + 0,25\xi_2^2}}$	Левкевич В.Е. [2018]	Заключительная стадия развития профиля равновесия

3	$\Pi_3 = \frac{\gamma_1 d f m}{\sqrt{\xi_1^2 + \xi_2^2}}$	Михневич Э.И. [2018]	Профиль равновесия с креплением каменной наброской
4	$\Pi_{\kappa} = \frac{\rho_s (mf - 1) d}{\left[\frac{0,02v^2}{2g} + 0,27(1 - n_s) h_0 f \right] \sqrt{1 + m^2}}$	Бузук А.В. [2016]	Профиль равновесия откоса под реплением из желез-обетонных плит с открытыми швами

Источник: [Михневич Э.И., Левкевич В.Е. 2018; Бузук А.В. 2016].

Source: [Михневич Э.И., Левкевич В.Е. 2018; Бузук А.В. 2016].

На стадиях формирования устойчивого откоса, а это первые 3–5 лет после заполнения водоема, величина Π_1 всегда менее 1. На заключительной стадии (ориентировочно в условиях Беларуси этот период составляет около 10 лет) форма профиля равновесия откоса приобретает устойчивый контур, а величина $\Pi_1 \geq 1$.

На заключительной стадии – стадии стабилизации, характеризуемой затуханием процесса деформаций во времени происходит развитие вдольберегового перемещения материала переработки вдоль уреза воды при котором критерий устойчивости откоса приобретает совершенно иную форму.

Рассмотрим условия устойчивости грунтового откоса, покрытого желез-обетонным покрытием с нарушенной структурой, при воздействии волнового потока. Рассмотрим случай ската волны с откоса.

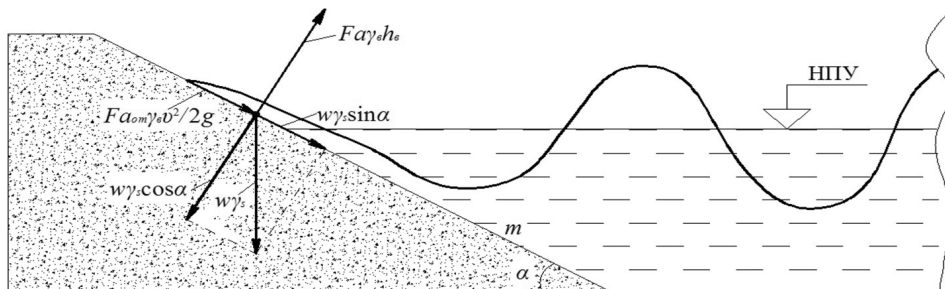


Рис. 11. Схема сил, действующих на элемент грунта на откосе при откате волны

Fig. 11. Scheme of forces acting on a soil element on a slope during wave rollback

Источник: [Михневич Э.И., Левкевич В.Е. 2018; Бузук А.В. 2016].

Source: [Михневич Э.И., Левкевич В.Е. 2018; Бузук А.В. 2016].

На элемент грунта, расположенный на откосе под углом α к горизонту, действуют следующие силы (рисунок 11):

- сила тяжести элемента грунта $w\gamma_s$, где w – объем элемента грунта, m^3 ; γ_s – удельный вес частиц грунта H/m^3 ;
- сила, создаваемая поверхностным потоком при откате волны, $Fa_{от} \gamma_b v^2/2$, где F – площадь элемента грунта, m^2 ; γ_b – удельный вес воды, H/m^3 ;

- v – скорость поверхностного потока, м/с; $a_{от}$ – коэффициент воздействия скоростного напора на элемент грунта; g – ускорение силы тяжести, м/с²;
- волновая взвешивающая сила $Fa\gamma_B h_B$, где h_B – расчетная высота волны, м; a – коэффициент взвешивающего волнового давления; $a=0,27(1-n_s)$ для зернистых материалов; $a=0,27$ для сплошного крепления;
- n_s – пористость грунта на откосе;
- удерживающая составляющая силы тяжести $w\gamma_s \cos \alpha$, Н/м³;
- сдвигающая составляющая силы тяжести $w\gamma_s \sin \alpha$, Н/м³.

Приравнивая сдвигающие и составляющие силы с учетом коэффициента внутреннего трения грунта f , получим уравнение предельного равновесия в следующем виде:

$$w\gamma_s \sin \alpha + \frac{Fa_{от}\gamma_B v^2}{2g} = (w\gamma_s \cos \alpha - Fa\gamma$$
 (6)

Разделив левую и правую части уравнения (6) на $F\sin \alpha$, получим:

$$d\gamma_s + \frac{a_{от}\gamma_B v^2 \sqrt{1+m^2}}{2g} + a\gamma_B h_B f \sqrt{1+m^2} = d\gamma_s m f$$
 (7)

где $d=w/F$ – диаметр частиц грунта, м; $m=\operatorname{ctg} \alpha$ – коэффициент заложения откоса.

Разделив уравнение (7) на $d g \rho_B$, получим:

$$\frac{\rho_s}{\rho_B} + \frac{a_{от} v^2 \sqrt{1+m^2}}{2gd} + \frac{a h_B f \sqrt{1+m^2}}{d} = \frac{\rho_s m f}{\rho_B}$$
 (8)

где ρ_s, ρ_B – плотность соответственно частиц грунта и воды, кг/м³.

Обозначим $\rho_s/\rho_B = \rho'_s$ (относительная плотность частиц грунта) и умножим уравнение (8) на d , тогда после преобразований уравнение (8) примет вид:

$$\left(\frac{a_{от} v^2}{2g} + a h_B f \right) \sqrt{1+m^2} = \rho'_s (m f - 1) d$$
 (9)

Отношение правой части уравнения (9) к левой представляет собой критерий устойчивости откоса Π_k (в том числе закрепленного плитами), который при средних значениях коэффициентов $a=0,27(1-n_s)$ и $a_{от}=0,02$ имеет вид:

$$\Pi_k = \frac{\rho'_s (m f - 1) d}{\left[\frac{0,02 v^2}{2g} + 0,27(1-n_s) h_B f \right] \sqrt{1+m^2}}$$
 (10)

Устойчивость откоса обеспечивается при соблюдении критерия P_k , равного $P_k \geq 1$, при котором форма откоса с креплением плитами с нарушенной структурой приобретает контур профиля динамического равновесия, принятого для расчетного типа грунта.

Заключение

В результате анализа деформаций и разрушений креплений откосов в натуральных и лабораторных условиях, изучения распределения вынесенного материала обратного фильтра, было установлено что для водохранилищ, расположенных на территории Беларуси, существуют три схемы потери устойчивости берегоукрепительных сооружений. Полученные схемы соответствуют стадиям разрушения креплений, установленных автором в результате многолетних натуральных и лабораторных исследований.

Разработанная упрощенная модель переноса на основе уравнения Лапласа для учета распределения скоростей стоковых течений пригодна для расчета скоростных структур потоков, влияющих на разрушение береговой линии при исследовании продольной устойчивости откосов и их креплений.

Анализ материалов экспериментальных лабораторных и натуральных исследований устойчивости креплений откосов, а также численное моделирование распределения внутриводоемных стоковых и вдольбереговых течений позволили: предусмотреть крепление береговых склонов с учетом геологического строения берегов, характеристик грунтов и режима эксплуатации водохранилища Витебской ГЭС; выбрать оптимальный вариант берегоукрепления (с точки зрения обеспечения устойчивости и экономической целесообразности); получить за счет проведения комплекса инженерных берегоукрепительных мероприятий положительный экономический эффект (снижение затрат на возведение сооружения).

Обобщение экспериментального материала позволило предложить критерий устойчивости закрепленных откосов, учитывающий возможность возникновения разрушения плит крепления P_k . Принято, что при $P_k \geq 1$ профиль откоса с креплением плитами, деформированными в процессе эксплуатации, приобретает контур профиля динамического равновесия, принятого для расчетного типа грунта в результате разрушения откоса волнением.

При проведении оценки устойчивости различных типов берегоукреплений грунтовых откосов подпорных сооружений и береговых склонов рекомендуется учитывать предложенный автором критерий устойчивости P_k с учетом возможных деформаций покрытий.

Литература

- Бузук А.В., 2018, *Критерий устойчивости откосов подпорных сооружений и берегов водохранилищ с деформированным железобетонным креплением* / А.В. Бузук // Мелиорация, №4(86), с. 24–30.
- Бузук А.В., 2015, *Результаты лабораторных исследований деформаций откосов с берегоукрепительными сооружениями водохранилищ и их влияние на безопасность объекта в чрезвычайных ситуациях* / А.В. Бузук // Вестн. Командн.-инженер. ин-та. МЧС Респ. Беларусь, № 2 (22), с. 79–86.
- Бузук А.В., 2016, *Исследование устойчивости и эффективности работы берегозащитных сооружений водохранилищ Беларуси с использованием материалов натуральных наблюдений, физического и математического моделирования* / А.В. Бузук, В.Е. Левкевич // БНТУ «Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства», с. 112–126.
- Бузук А.В., 2011, *Математическое и гидравлическое моделирование конвективной диффузии загрязнений в русловых водохранилищах* / А.В. Бузук, В.Е. Левкевич, А.А. Новиков // Наука – образованию, производству, экономике: материалы девятой междунар. науч.-практич. конф., Минск, 20–24 ноября 2011 г.: в 3 т. / БНТУ; редкол.: И.И. Разин [и др.]. Минск, с. 319.
- Водохранилища Беларуси: справочник* / М.Ю. Калинин [и др.]; под общ. ред. М.Ю. Калинина. – Минск: ОАО «Полиграфкомбинат им. Я.Коласа», 2005, 182 с.
- Золоторев Г.С., 1955, *Инженерно-геологическое изучение береговых склонов водохранилищ и оценка их переработки* / Г.С. Золоторев. – АН СССР, Т. 12, с. 188–235.
- Кондратьев Н.Е., 1951, *Расчет ветрового волнения и переформирование берегов водохранилищ* / Н.Е. Кондратьев. – Ленинград : Гидрометеиздат, с. 107.
- Левкевич В.Е., *Динамическая устойчивость берегов водохранилищ Беларуси* / В.Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2015, 306 с.
- Левкевич Е.М., 1977, *Из опыта эксплуатации креплений верховых откосов земляных плотин и берегов водохранилищ БССР* / Е.М. Левкевич, Г.П. Сапожников. Минск, с. 97–105.
- Левкевич Е.М., 1971, *Лабораторные исследования переформирования неукрепленных откосов земляных плотин под воздействием волн и фильтрационных сил* / Е.М. Левкевич. – Энергетика, Известия ВУЗов, №8 Минск – БПИ, с. 98–102.
- Левкевич В.Е., 2018, *Гидро-морфодинамика прибрежной зоны водохранилищ ГЭС Беларуси: монография* / В.Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, с. 143.
- Левкевич В.Е., 1984, *Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых равнинных водохранилищ, сложенных несвязными грунтами.* / В.Е. Левкевич – Мн: ЦНИИКИВР, с. 38.
- Левкевич Е.М., 1979, *Переработка берегов водохранилищ малой ГЭС.* / Е.М. Левкевич. – Л., с. 226–227.
- Максимчук В.Л., 1981, *Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ* / В.Л. Максимчук. – Киев : Будівельник, с. 112.
- Михневич Э.И., 1988, *Устойчивость русл открытых водотоков* / Э.И. Михневич. – Минск : Ураджай, с. 240.
- Пышкин Б.А., 1973, *Динамика берегов водохранилищ* / Б.А. Пышкин. – Киев: «Наукова думка», с. 416.

- Чеботарев А.И., 1970, Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидро-метеорологическое издательство, с. 78.
- Шайтан В.С., 1962, Исследование ветровых волн на водохранилище / В.С. Шайтан. – Москва : Гостройиздат .

Bibliography

- Buzuk A.V., *Kriteriy ustoychivosti otkosov podpornukh sooruzheniy i beregov vodokhranilishch s deformirovannum zhelezobetonnum krepleniem* [Stability criterion for the slopes of retaining structures and the banks of reservoirs with deformed reinforced concrete fasteners] *Melioration*. – 2018. – №4(86), pp. 24–30.
- Buzuk A.V., 2015, *Rezul'taty laboratornykh issledovaniy deformatsiy otkosov s beregoukrepitel'nymi sooruzheniyami vodokhranilishch i ikh vliyanie na bezopasnoct' ob'ekta v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Results of laboratory studies of deformations of slopes with bank protection structures of reservoirs and their impact on the safety of the facility in emergency situations] *Journal of Institute for command engineering Ministry of Emergencies Republic of Belarus*, № 2 (22), pp.79–86 (rus).
- Buzuk A.V., Levkevich V.E., 2016, *Issledovanie ustoychivosti i effektivnosti raboty beregozashchitnykh sooruzheniy vodokhranilishch Belarusi s ispol'zovaniem materialov naturnykh nablyudeniy, fizicheskogo i matematicheskogo modelirovaniya* [Study of the sustainability and effectiveness of the coastal protection facilities of the reservoirs of Belarus using materials of field observations, physical and mathematical modeling]. *Digest of articles BNTU «Current issues of construction economics and urban economy»*, pp. 112–126 (rus).
- Buzuk A.V., Levkevich V.E., Novikov A.A., 2011, *Matematicheskoe i gidravlichesкое modelirovanie konvektivnoy diffuzii zagryazneniy v ruslovykh vodokhranilishchakh* [Mathematical and hydraulic modeling of convective diffusion of contaminants in channel reservoirs]. *Proc. IX Intern. scientific-practical conf. «Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy devyatoy mezhdunar»*, Minsk, November 20–24, BNTU; In 3 parts. Part 1. Ed. by: I.I. Razin et al. Minsk, p. 319 (rus).
- Chebotarev A.I., 1970, *Gidrologicheskiy slovar'* [Hydrological Dictionary] Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, p.p. 78.
- Kalinin M.Yu., 2005, *Vodokhranilishcha Belarusi* [Reservoirs of Belarus] directory. Minsk : OAO «Poligrafkombinat im. Ya.Kolasa», pp. 182 (rus).
- Kondrat'ev N.E., 1951, *Raschet vetrovogo volneniya i pereformirovanie beregov vodokhranilishch* [Calculation of wind waves and reshaping of reservoir banks]. – Leningrad : Gidrometeoizdat, p. 107.
- Levkevich E.M., 1971, *Laboratornue issledovaniya pereformirovaniya neukreplennukh otkosov zemlyanukh plotin pod vozdeystviem voln i filtratsionnykh sil* [Laboratory studies of the reshaping of unreinforced slopes of earth dams under the influence of waves and filtration forces] *Energy, Izvestiya VUZov*, №8 Minsk – BPI, pp. 98–102.
- Levkevich E.M., 1979, *Pererabotka beregov vodokhranilishch maloy GES* [Processing of the shores of reservoirs of a small hydroelectric station]. Leningrad, pp. 226–227 (rus).
- Levkevich E.M., Sapozhnikov G.P., 1977, *Iz opyta ekspluatatsii kreplenykh verkhovukh otkosov zemlyanukh plotin i beregov vodokhranilishch BSSR* [From the experience of

- operating the fastenings of the upper slopes of earthen dams and the banks of reservoirs of the BSSR] Minsk, pp. 97–105.
- Levkevich V.E., 2015, *Dinamicheskaya ustoychivost' beregov vodokhranilishch Belarusi* [Dynamic stability of the banks of reservoirs in Belarus] Minsk : Pravo i ekonomika, p. 306 (rus).
- Levkevich V.E., 2018, *Gidro-morfodinamika pribrezhnoy zony vodokhranilishch GES Belarusi* [Hydro-morphodynamics of the coastal zone of reservoirs of hydropower stations of Belarus] monograph. Minsk : Pravo i ekonomika, p. 143 (rus).
- Levkevich V.E., 1984, *Rekomendatsii po prognozirovaniyu pererabo tki abrazionnykh beregov malykh ravninnykh vodokhranilishch, slozhennykh nesvyaznymi gruntami* [Recommendations for predicting the processing of the abrasion banks of small plain reservoirs composed of loose soils]. Minsk : TsNIIKIVR, p. 38 (rus).
- Maksimchuk V.L., 1981, *Ratsional'noe ispol'zovanie i okhrana beregov vodokhranilishch* [Rational use and protection of the banks of reservoirs] Kiev: Budivelnik, p. 112.
- Mikhnevich E.I., 1988, *Ustoychivost' rusl otkrutukh vodotokov* [Stability of open watercourses] Minsk : Uradgay, p. 240.
- Pyshkin B.A., 1973, *Dinamika beregov vodokhranilishch* [Dynamics of the banks of reservoirs]. Kiev: «Naukova dumka», pp. 416 (rus).
- Shaytan V.S., 1962, *Issledovanie vetrovykh voln na vodokhranilishche* [Study of the wind waves in the reservoir]. Moscow : Goststroyizdat (rus).
- Zolotarev G.S., 1955, *Ingenerno-geologicheskoe izuchenie beregovykh sklonov vodokhranilishch i otsenka ikh pererabotki* [Engineering-geological study of the coastal slopes of reservoirs and assessment of their processing] AS USSR, Part.12, pp. 188–235.

Summary

Purpose. The article is devoted to experimental studies of the stability of the banks of reservoirs and coast protection structures.

Methods. On the projected coast of the reservoir, the mode of runoff currents was modeled to determine the most overloaded sections.

Findings. The zones of influence on the coastal slopes of the channel reservoirs of the elongated form of runoff intrawater and wind-wave currents are considered. The results of modeling the mode of intra-aquatic flows are visualized. The proposed measures for the engineering protection of the banks of the reservoir.

Application field of research. The obtained experimental data can be used in the design of coast protection structures of the banks of reservoirs.

Conclusions. A simplified transfer model based on the Laplace equation has been developed that is suitable for estimating the distribution of runoff flow rates and calculating flow velocity structures that affect coastline destruction when estimating the longitudinal stability of slopes and their coast protection structures. The steadiness criterion of fixed slopes has been developed.

Marina V. Luksha

Belarusian State University, Faculty of Geography and Geoinformatics, Minsk
Belarus

mari12010@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0462-4625

Aliaksei A. Novik

Belarusian State University, Faculty of Geography and Geoinformatics, Minsk
Belarus

novika@bsu.by

ORCID: 0000-0002-9416-6313

FEATURES OF SYNOPTIC PROCESSES OF WINTER THUNDERSTORMS ON THE TERRITORY OF THE MINSK REGION IN A CHANGING CLIMATE

CHARAKTERYSTYKA SYNOPTYCZNYCH PROCESÓW BURZ ZIMOWYCH NA TERYTORIUM OBWODU MIŃSKIEGO W ZMIENIAJĄCYM SIĘ KLIMACIE

Abstract: The analysis of the occurrence of thunderstorms in the cold season of the year (from October to March) revealed their relationship with aerosynoptic conditions on the example of the Minsk-2 airfield for the period from 1989 to 2020. The determination of these relationships is necessary to make a qualitative forecast of thunderstorms as one of the hazardous weather phenomena for aviation. Using of surface analysis maps and the determination of the dominant air masses and stages of baric formations makes it possible to identify the presence of warm (with the air temperature above 0°C) and moist air mass from the south or southwest as well as to note the displacement of intensively deepening North Atlantic or southern cyclones in the stage of a young cyclone. Taking into account the dynamic factor allows us to estimate the displacement of the main and secondary active cold fronts with speeds of more than 30 km/h. Cold fronts with waves and occlusions that provide the rise of warm and humid air of the lower troposphere. Analysis of the aerological diagram makes it possible to determine the presence of convective instability in the atmosphere, characterized by vertical temperature gradients significantly greater than humid-adiabatic. The study of the situation at the level of 700 mb and 500 mb makes it possible to identify the presence of low-jet streams and positive vorticity indicating the

rise of an air parcels. The study of the situation at the level of 300 mb makes it possible to determine the influence of a powerful jet stream of the western quarter, which enhances convective processes. The results obtained can be used to replenish the methodological base on the forecasting of hazardous convective phenomena in Belarus, as well as in the development of recommendations for the forecast of thunderstorms in the cold season of the year in the operational work of weather forecasters.

Key words: Hazardous convective phenomena, winter thunderstorms, synoptic conditions, aerological conditions, aviation forecasts

Słowa kluczowe: niebezpieczne zjawiska konwekcyjne, burze zimowe, synoptyczne warunki, warunki aerologiczne, prognozy lotnicze.

Introduction

The forecast of convective phenomena of the cold season of the year (from October to March) is a typical problem faced not only by civil, but also by aviation forecasters in the course of their operational activities. In particular, in the conditions of the modern period of global climate warming, expressed primarily in the increase in winter temperatures [Belgidromet... 10.2021], there is an increase in the number of cases of this hazardous phenomena.

According to the definitions existing in the scientific literature, winter (snow) thunderstorms include thunderstorms in which, instead of heavy rain, heavy snow, freezing rain or ice/snow grains fall. Due to the increase in winter temperatures, thunderstorms are most often accompanied by heavy shower in liquid form. In this regard, according to the authors, it is important to supplement the definition of “winter thunderstorms” by including liquid precipitation.

Winter thunderstorms are quite rare. Favorable conditions for the formation of thunderstorms on the territory of Belarus mainly develop during the warm season of the year (99% of them occurs from April to September) [Belgidromet... 09.2021].

Unfortunately, by now, the problem of forecasting winter thunderstorms has not received wide coverage in literature and science, both in Belarus and abroad. There is a small number of Russian (Yusupov Y., Kostinsky A.) [Yusupov; Post-science...], Belarusian (Malchik M.K.) [Malchik], Spanish (J. Montagna, F. Fabro) [Montanya, Fabro] and American (Patrick Market, Angela Oravets, David Gade, Sam Schwartz, etc.) authors [Patrick, Thundersnow!] who studied the processes of formation of winter (snow) thunderstorms for various conditions and territories. However, the lack of developed algorithms and methods for predicting such rare but very hazardous convective phenomena as winter thunderstorms and associated heavy shower, and squally wind strengthening, confirms the relevance of the chosen problem, in particular in the field of high-quality meteorological support of aviation, on which the safety, regularity and efficiency of flights depend. In addition, the absence of a well-formed aviation

and meteorological school in Belarus and the insufficient coverage of the issue under consideration abroad makes it necessary to replenish the methodological base on forecasting hazardous convective phenomena of the cold season.

In this regard, one of the important tasks of work is determining the aerosynoptic conditions for the occurrence of thunderstorms in the cold season. The possibility of forecasting these hazardous convective phenomena is statistical processing of data on the number of cases of observed thunderstorms and their accompanying phenomena (heavy shower and squally wind) from October to March for the territory of the airfield Minsk-2 for periods of round-the-clock observations. Establishing links between hazardous convective phenomena of the cold season of the year and surface synoptic and high-altitude aerological conditions under which they were observed, can develop scientific recommendations for the forecast of thunderstorms in the cold season of the year.

Methods of Research

The study was carried out in several successive stages: collecting of initial data, analysis of the information received, search for relationships and patterns, development of recommendations for the forecast of hazardous weather events in the cold season.

The sampling stage of the initial data can be divided into three stages:

- a) selection of the number of cases of hazardous convective phenomena of the cold season of the year on the example of winter thunderstorms and their accompanying phenomena;
- b) selection of relevant surface meteorological data in the form of surface analysis maps, when the detected cases of winter thunderstorms were noted;
- c) selection of relevant high-altitude meteorological data from aerological charts, when the detected cases of winter thunderstorms were noted.

To select the number of cases of hazardous convective phenomena of the cold season of the year, data from actual aviation and meteorological observations conducted at the Minsk-2 airfield in the period from October to March 1989 to 2020 were used.

The choice of the Minsk-2 airfield as an object of the studied territory is due to the large factual material collected on this airport over a long period of observations, as well as the importance of such studies for aviation.

It is no coincidence that 1989 was chosen as the beginning of the sample, since it was from this year that the longest period of warming began in Belarus for the entire time of instrumental observations over the past 130 years, which is characterized by a particularly sharp increase in winter temperatures. Over the past 30 years, the average annual temperature in the country has increased by 1.2°C, and the temperature in the period January-March increased by 2°C or more compared to the climatic norm [Belgidromet... 10.2021; Podgornaya 9].

Sampling of the initial data in the form of cases of hazardous convective phenomena of the cold season of the year was carried out by working with the AB-6 weather diaries, which are compiled by the meteorological technicians of the AMSC of the 1st category Minsk, located at the Minsk-2 airfield.

The purpose of this sampling stage was to search for cases of hazardous convective phenomena in the cold season of the year (October-March), namely: winter thunderstorms, intense heavy shower (snow, rain, snow grains); squally wind. The accompanying meteorological conditions were also recorded: the speed and direction of the wind, the type of precipitation and visibility in them, the air temperature near the earth and its change, the baric trend.

The next stage of the sampling was the analysis of maps of surface meteorological conditions selected for the same date and synoptic period when cases of occurrence of hazardous convective phenomena of the cold season of the year were noted. The analysis of maps of surface meteorological conditions was carried out on the basis of archival data of the Belgidromet (1989–2003) and the Internet portal Wetter3 – aktuelle Wetterkarten (2004–2019) [Wetter3], as well as a partially preserved electronic database of maps of the 1st category AMSC Minsk (2020).

During the analysis of maps of surface meteorological conditions, the actual synoptic situations near the earth were determined, in which winter thunderstorms were observed, namely:

- baric formations, stages of their development;
- the presence of frontal sections, their displacement trajectories and development trends.

The third stage of the sample was the analysis of meteorological conditions by altitude using aerological diagrams for the same date and synoptic period when cases of hazardous convective phenomena of the cold season of the year were noted. Aerological diagrams were obtained as a result of reanalysis of ERA 5, using the free thunder Internet platform (1989–2020) [11].

Based on the results of the analysis of aerological diagrams, the high-altitude weather conditions of the formation of winter thunderstorms were determined, in particular:

- air temperature and dew point deficit on 850 mb;
- wind direction and speed at the level of 700 mb, 500 mb, 300 mb;
- the level of condensation and the level of convection characterizing the power of the convective cloud.

The next stage of the study was the analysis of the information received: the correlation of cases of hazardous convective phenomena of the cold season of the year with the aerosynoptic situations in which they were observed.

Based on the results of the above-described analysis of the initial information, the interrelationships between hazardous convective phenomena and the aerosynoptic conditions of their formation were determined, and the main patterns of occurrence of hazardous convective phenomena in the cold season of the year were established.

In the next steps, these relationships and patterns were used as the basis for the recommendations of the forecast of such convective phenomena hazardous for aviation and rare in the cold season of the year, as winter thunderstorms and accompanying phenomena in the form of intense heavy shower and squally wind.

Thus, the following methods were used in the performance of the work: a statistical method for processing long-term series of meteorological data; a method for synthesizing and analyzing initial aersynoptic information; a method of observations and personal experience in the field of aviation meteorology; modeling synoptic situations for predicting hazardous convective phenomena of the cold season.

Results and Discussion

The study analyzed the recurrence of winter thunderstorms (October–March) at the Minsk-2 airfield over the past 32 years (1989–2020), as well as the accompanying phenomena and the connection with the ground-level synoptic situation. The results of this analysis are presented in Table 1.

Based on the analysis of the initial information, it was found that over the past 32 years, 17 cases of winter thunderstorms have been observed at the Minsk-2 airfield (1 in January, 3 in February, 4 in March, 8 in October, 1 in November). For comparison, in the period from 1936 to 1976 (for 40 years), only 2 cases of winter thunderstorms were observed in the nearby city of Minsk [Malchik]. Thus, the number of winter thunderstorms has increased by about 7 times since the beginning of the warming period.

The formation of winter thunderstorms over the Minsk-2 airfield during the period under review was associated with the passage of atmospheric fronts: a cold front with waves (8 cases), a main cold front (1 case), a secondary cold front (1 case) and a warm-type occlusion front (7 cases). Thunderstorms on cold fronts were observed in the afternoon (from 12 to 18 UTC – 5 cases) or in the evening (from 18 to 20 UTC – 4 cases), and on occlusion – at night (from 00 to 03 UTC – 3 cases) or in the morning (from 08 UTC – 2 cases). One case of a winter thunderstorm on the cold front was recorded at night – from 00 to 02 UTC and 2 cases on the occlusion front – from 17 to 20 UTC.

At the same time, as a rule, winter thunderstorms were observed near the peak of wave disturbances on cold fronts with waves and near the point of occlusion on occluded fronts. Figure 1 shows the actual surface synoptic situations in which thunderstorms of the cold season of the year 2020 were observed, associated with a cold front with waves and an occlusion.

Table 1.

Surface meteorological conditions for the occurrence
of winter thunderstorms at the Minsk-2 airfield for the period from 1989 to 2020

Tabela 1.

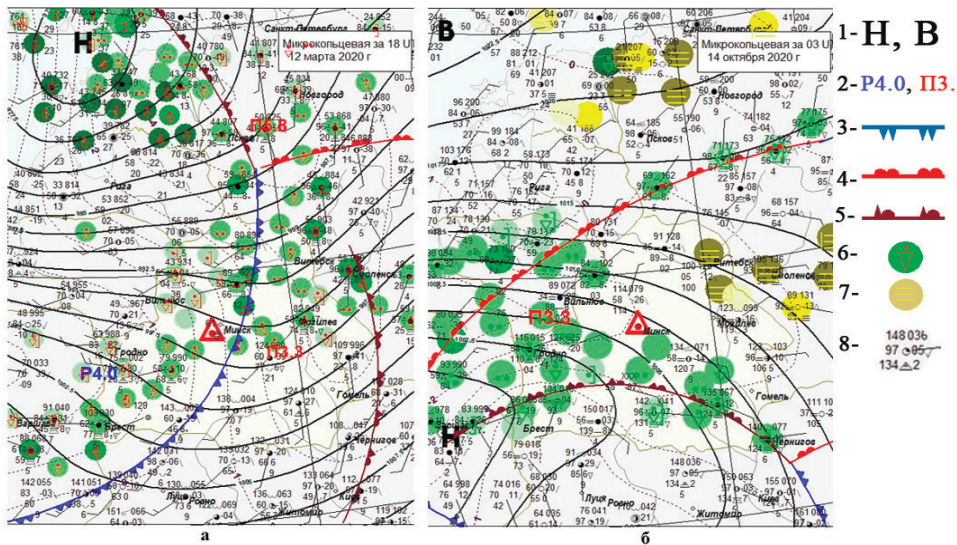
Powierzchniowe warunki meteorologiczne dla zdarzenia zimowych burz na lotnisku Mińsk-2 w latach 1989–2020

Date	Time, UTC	Synoptic situation	Wind		Baric trend, hPa/3h		Air temperature, °C		The phenomenon accompanying a thunderstorm	Visibility in precipitation, m
			Before front	After front	Before front	After front	Before front	After front		
26.01.1990	17.36–17.55	Occlusion	190° 3m/s	220° 5–9m/s	+1.8	+0.7	+6.4	+4.8	shower rain	3800
27.02.1990	19.46–20.42	Cold front with waves	190° 4m/s	290° 3–7m/s	-1.4	+1.6	+3.0	+0.2	shower snow	400
07.03.1990	13.17–13.39	Secondary cold front	300° 5-8m/s	320° 9–12m/s	+0.3	+3.6	+2.1	+1.0	shower snow	300
19.10.1996	19.40– 21.00	Occlusion	000° 0m/s	000° 0m/s	-0.6	-0.9	+11.4	+10.7	shower rain	2500
27.02.2002	16.51–18.00	Cold front with waves	150° 3m/s	290° 6–16m/s	-3.5	+4.4	+5.3	+1.8	shower rain	2500
03.10.2003	08.08–08.30	Occlusion	200° 1m/s	210° 3m/s	+0.3	+0.3	+10.7	+9.9	shower rain	2300
31.10.2004	00.30–01.00	Occlusion	170° 2m/s	180° 3m/s	-1.0	+0.1	+12.1	+11.6	shower rain	2700
15.03.2005	15.13–15.23	Cold front with waves	240° 4–9m/s	300° 7–12m/s	-1.7	+2.2	+2.7	-0.3	shower snow	100
03.10.2006	01.10–02.42	Cold front with waves	210° 1m/s	230° 3–8m/s	-0.4	+0.7	+12.7	+11.5	shower rain	1600
23.02.2008	01.03–01.41	Cold front	220° 3–8m/s	280° 3–18m/s	-4.0	+3.0	+5.0	+37	shower rain	550

Date	Time, UTC	Synoptic situation	Wind		Baric trend, hPa/3h		Air temperature, °C		The phenomenon accompanying a thunderstorm	Visibility in precipitation, m
			Before front	After front	Before front	After front	Before front	After front		
12.03.2008	15.31–15.39	Cold front with waves	170° 3m/s	230° 3–8m/s	-2.3	-0.5	+7.9	+5.7	shower rain	1700
08.10.2009	18.06–18.38	Cold front with waves	180° 2m/s	340° 9–13m/s	-3.2	+2.2	+17.7	+11.2	shower rain	2800
10.11.2010	08.50–09.06	Occlusion	150° 3m/s	170° 5–8m/s	-0.6	+0.4	+6.8	+3.7	shower rain	3800
07.10.2011	18.14–18.54	Cold front with waves	000° 0m/s	280° 3–6m/s	-1.1	+1.1	+3.0	+0.2	shower snow	400
06.10.2012	18.31–19.30	Cold front with waves	000° 0m/s	350° 4–7m/s	-3.4	-1.2	+2.1	+1.0	shower snow	300
12.03.2020	16.54–17.28	Cold front with waves	200° 8m/s	270° 11–24 m/s	-4.4	+3.4	+11.4	+10.3	shower rain	2500
14.10.2020	03.45–04.07	Occlusion	060° 3–6m/s	100° 3–6m/s	-2.9	+1.0	+5.3	+1.8	shower rain	2500

Source: archival data of the Belgidromet (1989–2003), the Internet portal Wetter3 – aktuelle Wetterkarten (2004–2019), electronic database of maps of the 1st category AMSC Minsk (2020).

Źródło: dane archiwalne Belgidromet (1989–2003), portal internetowy Wetter3 – aktuelle Wetterkarten (2004–2019), elektroniczna baza map I kategoria AMSC Mińsk (2020).



Symbols: 1 – low and high pressure centers, 2 – baric tendency of pressure growth and drop, 3 – cold front, 4 – warm front, 5 – occlusion front, 6 – heavy precipitation, 7 – fog, 8 – surface sediment in the KN-01 code.

Fig. 1. Surface synoptic situation associated with winter thunderstorms: a – cold front with waves; b – occlusion

Ryc. 1. Powierzchniowa sytuacja synoptyczna związana z burzami zimowymi: a – front zimny z falami; b – okluzja

Source: comp. own based on 1st category map archive AMSC Minsk (2020).

Źródło: oprac. własne na podst. archiwum map I kategorii AMSC Mińsk (2020).

The frontal sections had displacement velocities of more than 30 km/h and were associated with troughs oriented from south to north or southwest to northeast, as part of deep Scandinavian cyclones with a pressure in the center of 965–985 gPa, and southern cyclones with a pressure in the center of 995–1005 gPa.

The wind at the ground had the direction of the southern component with an average speed of 3–5 m/s before the front passed. The passage of the fronts was accompanied by an increase in wind to 9–13 m/s and a turn to the southwest in the case of an occluded front, or west, northwest in the case of a cold front. Only 2 cases of wind strengthening above 15 m/s were noted. Also, large pressure gradients were almost always observed, which indicates high displacement rates of air masses.

Five thunderstorms were observed at an air temperature of +5 – 0 and less than 0 °C, two thunderstorms – at a temperature of +5 – +10 °C, 10 thunderstorms at a temperature of +10 – +15 °C.

Table 2.

Aerological conditions for the formation of winter thunderstorms at the Minsk-2 airfield for the period from 1989 to 2020

Tabela 2.

Warunki powietrzne powstawania zimowych burz na lotnisku Mińsk-2 w latach 1989–2020

Date	Time UTC	Convective cloud power		AT-850		AT-700, wind direction and speed	AT-500, wind direction and speed	AT-300, wind direction and speed
		Condensation level, m	Convection level, m	Temperature °C	Deficit °C			
26.01.1990	17.36–17.55	700	3500	-0.3	2.0	240° – 80 km/h	240° 160 km/h	280° – 180 km/h
27.02.1990	19.46–20.42	600	2600	-3.3	1.4	250° – 80 km/h	240° – 120 km/h	240° – 130 km/h
07.03.1990	13.17–13.39	600	4600	-7.7	4.5	320° – 80 km/h	330° – 220 km/h	330° – 220 km/h
19.10.1996	19.40– 21.00	700	5300	+5.0	1.3	160° – 40 km/h	160° – 50 km/h	200° – 60 km/h
27.02.2002	16.51–18.00	700	5100	-0.2	0.0	240° – 100 km/h	240° – 110 km/h	240° – 150 km/h
03.10.2003	08.08–08.30	300	5300	+4.8	1.1	220° – 25 km/h	160° – 60 km/h	200° – 160 km/h
31.10.2004	00.30–01.00	600	5500	+9.7	2.5	240° – 80 km/h	240° – 120 km/h	240° – 170 km/h
15.03.2005	15.13–15.23	300	2000	-7.0	2.0	270° – 80 km/h	280° – 90 km/h	270° – 140 km/h
03.10.2006	01.10–02.42	500	5900	+6.7	5.0	260° – 70 km/h	260° – 80 km/h	260° – 150 km/h
23.02.2008	01.03–01.41	700	2600	+0.5	0.0	270° – 120 km/h	260° – 180 km/h	260° – 240 km/h
12.03.2008	15.31–15.39	500	2400	+0.2	05	250° – 80 km/h	240° – 120 km/h	250° – 110 km/h
08.10.2009	18.06–18.38	300	8700	+10.7	0.3	250° – 90 km/h	250° – 120 km/h	250° – 160 km/h
10.11.2010	08.50–09.06	400	3800	+6.5	2.7	200° – 60 km/h	200° – 70 km/h	220° – 120 km/h

Date	Time UTC	Convective cloud power		AT-850		AT-700, wind direction and speed	AT-500, wind direction and speed	AT-300, wind direction and speed
		Condensation level, m	Convection level, m	Temperature °C	Deficit °C			
07.10.2011	18.14–18.54	800	2800	+5.1	0.2	220° – 80 km/h	230° – 100 km/h	220° – 130 km/h
06.10.2012	18.31–19.30	800	5400	+5.5	0.0	250° – 110 km/h	260° – 120 km/h	250° – 190 km/h
12.03.2020	16.54–17.28	700	3100	+3.3	0.4	260° – 120 km/h	260° – 120 km/h	270° – 200 km/h
14.10.2020	03.45–04.07	900	4300	+9.8	2.0	150° – 70 km/h	160° – 80 km/h	210° – 110 km/h

Source: a product of its own development based in result of reanalysis of ERA 5 from the free thundeR Internet.

Źródło: oprac. własne na podstawie wyników ponownej analizy ERA 5 w thundeR Internet (wolny dostęp).

All thunderstorms were accompanied by precipitation: at high temperatures in the form of heavy shower rain with reduced visibility from 550 to 3800 meters, at temperatures near zero – heavy shower snow with visibility from 100 to 400 meters.

After determining the altitude situation, the analysis of meteorological conditions at various levels was carried out using aerological diagrams obtained using the free thunder Internet platform [ThunderR]. At the same time, special attention was paid to the analysis of the levels of 700 mb, 850 mb, 500 mb, 300 mb. The results of the analysis are presented in Table 2.

From the aerological data it can be seen that cumulonimbus clouds, with which winter thunderstorms were associated, had a lower limit of about 300–900m, and an upper limit of 2000-8700m, depending on the temperature background.

At the level of 850 mb, in almost all cases, a ridge of warm and humid air is observed, which then changes into a trough of cold. The temperature range at this level ranges from -7.7 to +10.7 °C, depending on the prevailing air mass. At the 700 mb level, there is an increase in the south and south-westerly wind to the jet stream criteria (100 km/h). The analysis of this level shows the greatest vertical velocities and the greatest rise of the air parcel in the current situation [8]. At the level of 500 mb, in most cases, winds of the southern, south-westerly direction with speeds of more than 100 km/h are observed, which indicates the presence of a jet stream. At the level of 300 mb in all cases, with the exception of 19.10.2006, there is a jet stream of the south-westerly direction with speeds from 100 to 240 km/h. Jet streams and divergence, which are observed at this level, intensify the storm and create a wind share, so that the tops of the thundercloud will sometimes fly over layered cumulus clouds [Patrick].

In addition, the location of the area with thunderstorms near the jet stream axis on 300 mb indicates that the cyclone is gaining its activity [Thundersnow!].

Conclusion

Based on the analysis of existing information on actual winter thunderstorms using ground-level synoptic and high-altitude aerological data, a number of important patterns have been identified, which form the basis of scientifically based recommendations for making forecasts of aerosynoptic conditions for the occurrence of thunderstorms and their accompanying phenomena of the cold season, for example, the Minsk-2 airfield:

- the use of a surface synoptic situation with the determination of the dominant air masses and the stages of baric formations makes it possible to identify the presence of warm (with an air temperature above 0°C) and moist air mass from the south or southwest, as well as to note the displacement of intensively deepening North Atlantic or southern cyclones in the stage of a young cyclone;
- taking into account the dynamic factor allows us to estimate the displacement of the main and secondary active cold fronts with speeds of more than 30 km/h, cold fronts with waves and occlusion fronts, which provide the rise of warm and humid air of the lower troposphere;

- analysis of the aerological diagram makes it possible to determine the presence of convective instability in the atmosphere, characterized by vertical temperature gradients significantly greater than humid-adiabatic;
- investigation of the situation at the level of 700 mb and 500 mb makes it possible to identify the presence of low-jet streams and positive vorticity indicating the rise of an air parcel;
- studying the situation at the 300 mb level makes it possible to determine the influence of the powerful jet stream of the western quarter, which enhances convective processes.

Based on the results of step-by-step implementation of the points of this recommendation, it is possible to determine the aerosynoptic conditions favorable for the formation of winter thunderstorms. At the next stage, it is necessary to use additional computational methods for predicting convective phenomena that have already been built for the specific city or airfield under consideration.

It should also be noted that since a thunderstorm is a local mesoscale phenomenon, it is important to use operational radar data for the purposes of nowcasting, in combination with numerical weather forecast models.

Thus, the results of the study of aerosynoptic conditions for the occurrence of hazardous convective phenomena of the cold season, in the form of scientifically-based recommendations for automated forecasts of the year on the example of the Minsk-2 airfield, can be used for operational purposes not only in the field of aviation and meteorological support, but meteorological information of the population.

Bibliography

- Malchik M., 2006, *Recommendations for the forecast of thunderstorms in the autumn-winter period*, Minsk, AMSS, (in Russ.).
- Montanya J., 2016, *Global distribution of winter lightning: a threat to wind turbines and aircraft* / J. Montanya, F. Fabro // *Natural Hazards and Earth System Sciences*, pp. 2–17.
- Patrick S., 2006, *Market Upper Air Constant Pressure Composites of Midwestern Thundersnow Events*. USA: Wea. Forecasting.
- Podgornaya E., 2015, *Features of climate change in the Republic of Belarus over the past decades*. Minsk: Belgidromet (in Russ.).
- Post-science [Electronic resource], Mode of access: <http://www.postnauka.ru/faq/88712> [Date of access: 15.09.2021] (in Russ.).
- The state institution “Belgidromet” [Electronic resource], Mode of access: <http://www.belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2020-goda-3666-2021> [Date of access: 01.10.2021] (in Russ.).
- The state institution “Belgidromet” [Electronic resource], Mode of access: <http://www.belgidromet.by/ru/news-ru/view/opasnye-javlenija-pogody-v-teplyj-period-goda-grozy-livni-shkvaly-grad-3201> [Date of access: 15.09.2021] (in Russ.).

- ThundeR – ERA5 sigma levels browser [Electronic resource], Mode of access: http://www.rawinsonde.com/ERA5_Europe [Date of access: 29.09.2021].
- Thundersnow! [Electronic resource], Ed.S. Shwartz. The Ultimate Weather Education Website, 2006. Mode of access: <http://www.theweatherprediction.com/weatherpapers/043/index> [Date of access: 10.10.2021].
- Wetter3 – aktuelle Wetterkarten [Electronic resource], DWD Analyse-Archiv. Mode of access: http://www1.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html [Date of access: 29.09.2021].
- Yusupov Yu., 2021, *Forecast of squalls and precipitation intensity using thermodynamic parameters and a potential Ertel vortex*: dis. on the job. uch. step. Candidate of Physical and Mathematical Sciences: 25.00.29. M. (in Russ.).

Streszczenie

Analiza występowania burz w zimnej porze roku (od października do marca) ujawniła ich związek z warunkami aerosynoptycznymi na przykładzie lotniska Mińsk-2 z okresu od 1989 do 2020 roku. Ustalenie tych zależności jest konieczne do sporządzenia jakościowej prognozy burz jako jednego z niebezpiecznych zjawisk pogodowych dla lotnictwa. Wykorzystanie map analizy powierzchni oraz wyznaczenie dominujących mas powietrza i stadiów formacji barycznych pozwala na identyfikację obecności ciepłych (o temperaturze powietrza powyżej 0°C) i wilgotnych mas powietrza od południa lub zachodu oraz zwraca uwagę na przemieszczenie intensywnie pogłębiających się cyklonów Północnego Atlantyku lub południowego w stadium młodego cyklonu. Uwzględnienie czynnika dynamicznego pozwala na oszacowanie przemieszczeń głównego i wtórnego aktywnego frontu zimnego z prędkościami powyżej 30 km/h, frontu zimnego z falami i okluzjami, które zapewniają unoszenie się ciepłego i wilgotnego powietrza dolnej troposfery. Analiza wykresu aerologicznego pozwala na stwierdzenie występowania niestabilności konwekcyjnej w atmosferze, charakteryzującej się pionowymi gradientami temperatury znacznie większymi niż wilgotno-adiabaticzne. Badanie sytuacji na poziomie 700 mb i 500 mb pozwala na zidentyfikowanie występowania prądów niskostrumieniowych oraz dodatniej wirowości, wskazującej na wzrost przesyłek lotniczych. Badanie sytuacji na poziomie 300 mb pozwala na określenie wpływu silnego prądu strumieniowego zachodniej części, który wzmacnia procesy konwekcyjne. Otrzymane wyniki mogą posłużyć do uzupełnienia bazy metodologicznej prognozowania niebezpiecznych zjawisk konwekcyjnych na Białorusi, a także na opracowanie zaleceń dotyczących prognozowania burz w zimnych porach roku w pracy operacyjnej prognozów pogody.

Mariusz Miedziński

Akademia Pomorska w Słupsku
Polska
mariusz.miedzinski@apsl.edu.pl
ORCID: 0000-0001-7381-2083

Agata Górniak

absolwentka IGSEiT Akademii Pomorskiej w Słupsku
Polska
gorniakagata7@gmail.com

OBIEKTY SPORTU I REKREACJI W OLSZTYNIE I KOŁOBRZEGU ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM CENTRUM REKREACYJNO-SPORTOWEGO „UKIEL” W OLSZTYNIE I OŚRODKA SPORTU I REKREACJI „CZTERY PORY SPORTU” W KOŁOBRZEGU

SPORT AND RECREATION FACILITIES IN OLSZTYN AND KOŁOBRZEG WITH PARTICULAR ATTENTION TO THE “UKIEL” RECREATION AND SPORTS CENTER IN OLSZTYN AND THE “FOUR SEASONS OF SPORTS” SPORT AND RECREATION CENTER IN KOŁOBRZEG

Zarys treści: Celem artykułu jest przedstawienie zróżnicowania zakresu funkcjonowania obiektów sportu i rekreacji w Olsztynie ze szczególnym uwzględnieniem przykładu Centrum Rekreacyjno-Sportowego „Ukiel” oraz obiektów sportu i rekreacji w Kołobrzegu ze szczególnym uwzględnieniem Miejskiego Ośrodka Sportu i Rekreacji „Cztery Pory Sportu” w Kołobrzegu. Autorzy opracowania dokonali porównania zaplecza i obiektów sportowo-rekreacyjnych miasta Olsztyn oraz miasta Kołobrzeg. Baza sportowo-rekreacyjna i infrastruktura sportowa pełni bardzo ważną rolę w zaspokajaniu potrzeb sportowo-rekreacyjnych mieszkańców i odwiedzających oba ośrodki miejskie, a także ich zaplecza. W Olsztynie szczególne znaczenie w zakresie zaspokajania potrzeb sportowo-rekreacyjnych ma Centrum Rekreacyjno-Sportowe „Ukiel” oraz Wodne Centrum Rekreacyjno-Sportowe Aquasfera. W Kołobrzegu wiodącą rolę odgrywa kompleks sportowy „Cztery

Pory Sportu” wspierany przez „Marinę Solną” oraz plaże nadmorskie. W obu ośrodkach miejskich bardzo ważną rolę pełnią dwie duże hale sportowe, 6 stadionów, aquaparki, pływalnie, kilkanaście boisk typu „Orlik 2004”, 2 lodowiska a także zaplecze szkół w postaci kilkunastu większych hal sportowych. Opracowanie jest także próbą wskazania przydatności badań prowadzonych przez studentów w ramach przygotowywanych prac dyplomowych, a w tym przypadku wykorzystano pracę dyplomową studentki IGISR AP w Słupsku p. Agaty Górniak pt.: *Funkcje ośrodków sportu i rekreacji w zakresie turystyki aktywnej na przykładzie Centrum Rekreacyjno-Sportowego „Ukiel” w Olsztynie.*

Słowa kluczowe: Olsztyn, Kołobrzeg, turystyka, obiekt sportowo-rekreacyjny, funkcje sportowo-rekreacyjne

Key words: Olsztyn, Kołobrzeg, tourism, sports and recreation facility, sports and recreational functions

Wprowadzenie

Ośrodki sportu i rekreacji są zwykle podmiotami działającymi w formie samorządowej jednostki budżetowej, zakładu budżetowego lub samodzielnie podmiotami gospodarczymi mającymi osobowość prawną. Podmioty te zajmują się popularyzacją kultury fizycznej oraz sportu i rekreacji wśród mieszkańców danej miejscowości i osób przyjezdnych. Oprócz tego zadaniem OSiR (Ośrodek Sportu i Rekreacji) jest utrzymywanie obiektów sportowych, organizacja zawodów na różnych poziomach i prowadzenie sekcji sportowych [<https://www.nik.gov.pl/plik/id,22166,vp,24833.pdf>]. Celem niniejszego opracowania jest inwentaryzacja i porównanie zapleczy sportowo-rekreacyjnych miasta Olsztyn i miasta Kołobrzeg z jednoczesnym wskazaniem możliwości zaspokajania potrzeb sportowo-rekreacyjnych przez korzystających.

MOSiR są zwykle obiektami wielofunkcyjnymi, rozbudowywanymi przez wiele lat. Przyjmuje się, że „Miejskie ośrodki sportowo-rekreacyjne powstają na ogół w dzielnicy podmiejskiej, na terenach w pobliżu obszarów leśnych, plaż, nad rzeką lub jeziorem. Ich wielkość zależy od możliwości inwestycyjnych danego miasta, programu funkcjonalnego, zakładanej pojemności obiektu (liczby użytkowników). Teoretycznie powierzchnia tego rodzaju obiektu powinna odpowiadać przelicznikowi ok. 2 m²/1 mieszkańca. W sytuacji gdy liczba mieszkańców miasta przekracza liczbę 250 000 osób, powierzchnia obiektów sportowych może zostać rozdzielona na kilka ośrodków, usytuowanych w różnych częściach miasta. Program ośrodka powinien zakładać lokalizację urządzeń lekkoatletycznych (bieżnie, skocznie) i zespołów boisk (piłka ręczna, nożna, siatkówka, koszykówka, korty tenisowe). Powinien być on także wyposażony w trybuny, szatnie dla zawodników z węzłami sanitarnymi, pomieszczenia administracji oraz magazynki sprzętu. W bardziej rozbudowanym wariancie wskazane jest uwzględnienie w programie: pływalni otwartych i zamkniętych, hali sportowej, toru łuczniczego, strzelnicy sportowej. Na obszarach miejskich lub dzielnicowych ośrodków sportowych należy zaprojektować tereny zielone, które oprócz

funkcji estetycznych, pełnią także rolę izolacyjną oraz polepszają warunki biofizyczne terenu, na którym obiekt funkcjonuje. Dodatkowym atutem może być uzupełnienie obiektu o bazę gastronomiczną oraz ofertę handlową związaną ze sprzętem i odzieżą sportową” [Pawlikowska-Piechotka A. 2009]. Najprostszym elementem przestrzeni miejskiej o charakterze sportowym jest pojedynczy obiekt sportowy, tj. kort tenisowy, lodowisko, boisko piłkarskie. Współcześnie rzadko występują one w wyizolowanej formie, gdyż naturalną koleją rozwoju i komercjalizacji obiektów związanych z rekreacją i sportem jest stworzenie dodatkowej infrastruktury w ich otoczeniu. Wokół takich obiektów lokalizowane są punkty gastronomiczne i sprzedaży detalicznej, a także hotele [Berebka J. 2013]. W taki też sposób etapowo rozbudowywany był kompleks CRS „Ukiel” w Olsztynie.

Funkcjonowanie CRS „UKIEL” w Olsztynie oraz MOSIR „MILENIUM” w Kołobrzegu

Centrum Rekreacyjno-Sportowe „Ukiel” jest oddanym do użytku w 2014 r. i częściowo w 2015 r. najnowocześniejszym na Warmii i Mazurach kompleksem turystyczno-sportowym zlokalizowanym nad największym olsztyńskim jeziorem Ukiel. Obiekty Centrum powstały w czasie realizacji projektu pod nazwą: „Budowa całorocznej infrastruktury sportowo-rekreacyjnej nad jeziorem Krzywym w Olsztynie”, jego koszt wyniósł 63 673 468,56 zł, dofinansowany przez Unię Europejską na kwotę 21 289 021,04 zł, oraz II projektu pt. „Kontynuacja budowy całorocznej infrastruktury sportowo-rekreacyjnej nad jeziorem Krzywym w Olsztynie” – łącznie na projekt wydano 31 666 482,19 zł, a kwota otrzymana z Europejskiego Funduszu Rozwoju regionalnego to 10 248 044,62 zł [<https://mapadotacji.gov.pl/projekty/...>].

Celem realizacji obu projektów był wzrost potencjału turystycznego województwa poprzez rozwój wielofunkcyjnej, całorocznej infrastruktury sportowo-rekreacyjnej. W efekcie ich realizacji powstała infrastruktura wykorzystywana do celów turystyki aktywnej wraz z uwzględnieniem okresu zimowego.

W obrębie stworzonej bazy turystycznej powstały także wypożyczalnie rowerów turystycznych i górskich, łyżworolek, nart biegowych oraz sprzętu pływającego. Dzięki temu przyjezdni mogą na miejscu wypożyczyć sprzęt niezbędny do uprawiania turystyki wodnej, pieszej, rowerowej i narciarskiej.

Kompleks obiektów CRS „Ukiel” składa się z trzech lokalizacji terenowych scąlonych wielofunkcyjnym ciągiem komunikacyjnym, oferujących różnorodną ofertę sportowo-rekreacyjną (ryc. 1):

- a) Sektor «A» – Plaża Miejska przy ul. Kapitańskiej;
- b) Sektor «B» – Centrum Żeglarstwa Wodnego i Lodowego;
- c) Sektor «C» – Olsztyńskie Centrum Kajakarstwa.



Ryc. 1. Zagospodarowanie jeziora Ukiel w wyniku realizacji projektu CRS „Ukiel”

Fig. 1. Development of Lake Ukiel as a result of the CRS „Ukiel” project

Źródło: Restudio, Jacaszek Architekci, https://restudio.com.pl/project_list/sloneczna-polana-nad-jeziorem-ukiel-w-olsztynie/.

Source: Restudio, Jacaszek Architekci, https://restudio.com.pl/project_list/sloneczna-polana-nad-jeziorem-ukiel-w-olsztynie/.

Budowa kompleksu przyczyniła się przede wszystkim do prowadzenia szkoleń sportowych w zakresie żeglarstwa wodnego i lodowego, stworzenie pełnego systemu szkoleniowego, który pomaga zapewnić przyszłym zawodnikom ciągły rozwój umiejętności na jachtach różnych klas. Nowa infrastruktura i zakupione wyposażenie pozwoliło na prowadzenie szkoleń z zakresu żeglarstwa lodowego i *match racing*’u, a utworzone wypożyczalnie sprzętu pływającego i sportowego, boiska do siatkówki plażowej, zaplecze saunowe i siłownie z widokiem na jezioro Ukiel pozwalają na prowadzenie zajęć i zawodów sportowych oraz organizacje m.in. regat windsurfingowych. Stworzona w ten sposób całoroczna oferta sportowo-rekreacyjna zdecydowała o znaczącym wzroście potencjału turystycznego regionu. Umożliwia to goszczenie bardzo wymagających turystów i ułatwia organizowanie znaczących imprez sportowych o randze krajowej i międzynarodowej oraz usprawnia rozwój wcześniej nieobecnych form uprawiania różnorodnych dziedzin sportu i rekreacji [<https://osir.olsztyn.pl/pl/ukiel>].

Zrealizowanie projektu CRS „Ukiel” umożliwiło mieszkańcom Olsztyna oraz przyjezdnym uprawianie różnorodnych form aktywności w zakresie turystyki aktywnej oraz sportów zimowych [*Informator...*].

Główna część obiektu CRS „Ukiel” zlokalizowana jest przy ul. Kapitańskiej 23 i nosi nazwę Plaży Miejskiej. Mieści się tu budynek kapitanatu kąpieliska

i wypożyczalnie sprzętu pływającego. W okresie sezonu letniego Nieopodal mola głównego, na powierzchni przekraczającej 2500 m² (25 m x 55 m) ulokowany jest wodny plac zabaw, gdzie znajdują się huśtawki, wodne tory przeszkód, katapulty, zjeżdźalnie oraz tzw. „góra lodowa”, która pełni rolę ścianki wspinaczkowej. Doskonałe warunki do rekreacji umożliwiają spacerowa i sieć ścieżek pieszo-rowerowych, które scalają poszczególne obiekty CRS „Ukiel”. W okresie sezonu letniego wyznaczane są tu trzy kąpieliska: Kąpielisko Plaża Miejska nr 1 (ul. Kapitańska 23) ma wymiary 76 m x 40 m, natomiast długość linii brzegowej kąpieliska wynosi: 75 m. Kąpielisko Plaża Miejska nr 2 (ul. Kapitańska 23) ma wymiary 95 m x 30 m, a długość linii brzegowej kąpieliska mierzy 95m. Są one uznawane za jedno z największych obiektów utworzonych nad wodami śródlądowymi w Polsce. Każde z kąpielisk strzeżone jest przez ratowników wodnych, a dodatkowe bezpieczeństwo zapewniają służby sanitarne. Odwiedzający kąpieliska, na terenie Centrum Rekreacyjno-Sportowego „Ukiel”, mogą korzystać z rozbudowanego zaplecza szatniowo-sanitarnego oraz obiektów rekreacyjnych i sportowych, m.in. z placów zabaw, pryszniców, platform wypoczynkowych, boisk sportowych, zespołu ścieżek i pomostów widokowych oraz spacerowych.

Przy ul. Olimpijskiej 1 znajduje się Olsztyńskie Centrum Kajakarstwa. Jest to obiekt, w którym działają olsztyńskie kluby kajakarskie: Szkoła Mistrzostwa Sportowego w Olsztynie, Olsztyński Klub Sportów Wodnych, Kayak Sport Club Olsztyn oraz Olsztyński Klub Smoka. Jest tu również wypożyczalnia sprzętu sportowego. Podczas sezonu letniego funkcjonuje skatepark, który w trakcie sezonu zimowego zamienia się w snowpark, przez co infrastruktura ta ma charakter całoroczny. Skatepark CRS „Ukiel”, stanowi jeden z najbardziej nowoczesnych tego typu miejsc w Polsce – to tzw. „bowl”. Główną inspiracją do stworzenia skateparku był znany „COMBI POOL” w USA. Snowpark to obszar wykorzystywany do uprawiania zimowych sportów ekstremalnych. Jest on zaopatrzony w *wallride*, *run-up*, *kicker small* i *medium*, *box*, *kinked* oraz *curb box*. Teren obiektu jest stale monitorowany i oświetlony, a dodatkowe bezpieczeństwo zapewniają wykwalifikowani instruktorzy. Znajduje się tu również hala do siatkówki plażowej oraz centrum odnowy biologicznej i siłownia. Obiekt ten wyposażony jest w systemy odpowiedzialne za ogrzewanie i zraszanie piasku.

Użytkownicy mają tu również do swojej dyspozycji w pełni wyposażone miejsca do uprawiania siatkówki plażowej, w tym aż 14 boisk (11 – ul. Kapitańska 23; 2 – ul. Olimpijska 1; 1 – ul. Sielska 38) oraz 1 boisko do koszykówki mieszczące się przy ul. Kapitańskiej 23. Centrum Rekreacyjno-Sportowe posiada także kryte boiska do sportów plażowych, z których można korzystać za dokonaniem dodatkowej opłaty. Zimą działa tu lodowisko „Ukiel”.

Trzecią częścią CRS „Ukiel” jest bardzo nowoczesne Centrum Żeglarstwa Wodnego i Lodowego zlokalizowane przy ul. Sielskiej 38. Obejmuje ono szkatulnie, sale konferencyjne, wypożyczalnię sprzętu, pomosty do cumowania sprzętu pływającego, hangary na sprzęt pływający, boisko, dźwig i slip do wodowania jachtów, siłownię, a także zaplecze socjalno-sanitarne wraz z restauracją. Centrum Żeglarstwa Wodnego i Lodowego jest obiektem znakomicie wpisującym się w charakter regionu Warmii i Mazur.

Porównanie funkcjonowania samego zespołu obiektów CRS „Ukiel” z zespołem obiektów sportowo rekreacyjnych „Cztery Pory Sportu” w Kołobrzegu jest utrudnione, gdyż na terenie Olsztyna, w innych lokalizacjach, funkcjonuje wiele innych obiektów sportowo-rekreacyjnych, tj.:

- Aquasfera – Galeria Warmińska – Wodne Centrum Rekreacyjno-Sportowe (basen olimpijski 50 m x 25m, basen rozgrzewkowy, basen do nauki pływania 25 m x 8,5m z widownią na 1500 miejsc z ruchomym dnem, basen rekreacyjny, 2 ryny wodne (120 m), masaże podwodne, 2 biczki wodne, brodzik dla dzieci, atrakcje do gier i zabaw (ul. Piłsudskiego 69b);
- Zespół Krytych Obiektów Sportowych II – basen i sala do gier sportowych 38 m x 20 m (ul. Mariańska 1);
- lodowisko (ul. Jeziółowicza 4);
- tor motocrossowy (ul. Lubelska 19);
- stadion piłkarski 105 m x 65 m z krytą widownią na 3000 miejsc i sztucznym oświetleniem (ul. Marszałka J. Piłsudskiego 69a);
- stadion lekkoatletyczny AZS UWM – 8-torowa bieżnia 400 m, boisko trawiaste, trybuny 2 500 miejsc (w tym 700 pod dachem (ul. Oczapowskiego 12);
- stadion rugby (ul. Artyleryjska 3);
- stadion KKS Warmia (ul. Sybiraków 36);
- 2 boiska treningowe (ul. Oczapowskiego 12);
- Hala Widowiskowo-Sportowa URANIA (w przebudowie z 2 409 na 4 045miejsc) (al. Marszałka J. Piłsudskiego 44) [Duże Hale Sportowo-Widowiskowe w Polsce – inwentaryzacja bazy sportowej, Ministerstwo Sportu i Turystyki, 2016, s. 117];
- Hali Urania (w przebudowie);
- Hala Sportowa 38 x 20m (ul. Mariańska 1);
- Hala Sportowa SP 3 o wymiarach 38 x 25 m (ul. Kołobrzaska 13m);
- Hala Sportowa XI LO o wymiarach 38 x 25 m (ul. Kołobrzaska 29);
- Hala Sportowa ZSO I o wymiarach 40 x 16 m (ul. Roberta i Karola Małków 3);
- Hala Sportowa SP nr 30 o wymiarach 38 x 25 m (ul. Pieczewska 10);
- Hala Sportowa ZO nr 4 o wymiarach 38 x 25 m (ul. Edwarda Turowskiego 3);
- Hala Sportowa ZSGS o wymiarach 38 x 25 m (ul. Żołnierska 49);
- Hala Sportowa SP nr 34 o wymiarach 38 x 25 m (ul. Johanna Gottfrieda Herdera 3);
- Hala Sportowa SP 7 o wymiarach 38 x 25 m (al. Przyjaciół 42);
- 10 Obiektów typu „Orlik 2012” (Kołobrzaska 13 m, Gdynska 17, Ludwika Zamenhofska 14, Bałtycka 151, Żołnierska 26, Pieczewska 10, Johanna Gottfrieda Herdera 3, Wańkowicza 1, Gietkowska 12, Bałtycka 37a).

CRS „Ukiel” jest zatem jednym z wielu obiektów sportowo-rekreacyjnych, ale jest on jedynym tak rozległym i o tak bardzo zróżnicowanej całorocznej ofercie sportowo-rekreacyjnej.

Znacząco odmienną strukturą funkcjonalno-użytkową cechuje się z kolei zespół obiektów sportowo-rekreacyjnych MOSiR w Kołobrzegu pod nazwą „Cztery Pory Sportu” oraz sąsiadująca z nim „Marina Solna”, którą z kolei zarządza Zarząd Portu Morskiego w Kołobrzegu. Uzupełnieniem jest sąsiadujący bezpośrednio z nimi stadion lekkoatletyczny im. Michała Barty na terenie II LO im. Mikołaja Kopernika. W skład kompleksu sportowego „Cztery Pory Sportu” wchodzi [https://bip.mosir.kolobrzeg.pl/] (ryc. 2):

- Hala Milenium z płytą boiska sportowego o wymiarach 24 x 48m z trybunami na 1307 miejsc, z parkietem z drewna klonowego, pomieszczeniami sprawozdawców, zapleczem technicznym, WC, 2 kawiarniami. W Hali Milenium funkcjonują także: sala „kulki”, siłownia, sala taneczna, strzelnica sportowa, klub bilardowy, klub fitness. Działają tu hotel „Milenium” na 72 miejsca noclegowe oraz 4 sale konferencyjne (w tym duża dla 250 osób);
- Kompleks Basenowy „Milenium” z 2 nieckami basenowymi (basen sportowy 25 m x 12,5 m, basen rekreacyjny 11 m x 11 m) z 3 zjeżdżalniąmi zewnętrznymi, 4 wannami z hydromasażem i licznymi urządzeniami rekreacyjnymi (ślizgawka dla dzieci, gejzer powietrzny, niecka z hydromasażem i poduszką powietrzną, dwie leżanki z hydromasażem, bicz wodny Tajfun, dzika rzeka, kaskada wodna, dwa silne prysznice do masażu);
- Hala „Łuczniczka” o wymiarach 26 m x 12 m do treningów łucznictwa, siatkówki, koszykówki, badmintona i tenisa ziemnego;
- tory łucznicze o wymiarach 60 m x 30 m;
- lodowisko (sezonowe – odkryte) z połączenia Hali Łuczniczkiej i lodowiska o wymiarach 88 m x 44m, w tym tafla lodowa o wymiarach 60 m x 30 m z bandą z tworzywa sztucznego i sztucznym oświetleniem;
- Stadion Miejski im. Sebastiana Karpiniuka z płytą główną o wymiarach 105 m x 68 m ze sztucznym oświetleniem oraz krytymi trybunami na 3 000 całkowicie zadaszonych miejsc z pełnym zapleczem socjalnym i sanitarnym;
- euroboisko o nawierzchni trawiastej o wymiarach 101 m x 64 m oraz trybunami dla 400 osób z oświetleniem elektrycznym;
- boiska treningowe z płytą boisk bocznych o nawierzchni piaszczystej o wymiarach 100 m x 64 m oraz nawierzchni trawiastej o wymiarach 90 m x 45 m;
- skatepark ogólnodostępny z oświetleniem elektrycznym;
- przystań kajakowa na Kanale Drzewnym;
- rozbudowana sieć parkingów z miejscami postoju roweru miejskiego.

W bezpośrednim sąsiedztwie kompleksu „Cztery Pory Sportu” funkcjonuje pełnowymiarowy stadion lekkoatletyczny im. Michała Barty [https://miastokolobrzeg.pl/wiadomosci/17919-stadion-lekkoatletyczny-im-michala-barty-otwarty-foto-wideo.html] o wymiarach 175 m x 92 m z trybunami na 550 miejsc, wyposażony w:

- rów z wodą do biegu z przeszkodami na 3 000 metrów;
- skocznnię wzwyż;

- jednostronną i jednościeżkową skocznnię o tyczce;
- dwukierunkową, dwuścieżkową skocznnię do skoku w dal i trójskoku;
- dwa rozbiegi do rzutu oszczepem;
- dwie rzutnie do pchnięcia kulą;
- rzutnię do rzutu dyskiem i młotem;
- obiekty rozgrzewkowe;
- trybuny o łącznej ilości miejsc siedzących 522;
- stanowisko dla sędziów i komentatora;
- wiatę przeszkloną dla sędziów, komentatora i na sprzęt pomiarowy wymiarach 2,6 m x 4 m;
- schodki sędziowskie;
- wjazd dla służb ratowniczych.

Zespół obiektów sportowych „Cztery Pory Sportu” ze stadionem lekkoatletycznym stanowi tym samym bardzo rozbudowaną ofertę dla osób zainteresowanych uprawianiem sportu amatorskiego, jak i zawodowego. Zgodnie ze statutem MOSiR w Kołobrzegu w skład kompleksu wchodzi także obsługa techniczna i organizacyjna plaż nadmorskich, jakie znajdują się na obszarze gminy miasto Kołobrzeg [<https://bip.mosir.kolobrzeg.pl/>]. Kluczowe znaczenie odgrywa tu zwłaszcza tzw. „plaża centralna” o łącznej długości ok. 3,6 km, zlokalizowana na odcinku od wschodniego falochro- nu wejścia do portu do Sanatorium Arka. Jej łączna powierzchnia wynosi ok. 25 ha, co umożliwia osiągnięcie pojemności ok. 50 000 os. przy założeniu ok. 5 m²/1 osobę. Łączna pojemność plaż w Kołobrzegu można oceniać na ok. 100 000 osób. Obsługa techniczna plaż oraz organizacja imprez realizowanych na plażach spoczywa organi- zacyjnie na MOSiR w Kołobrzegu i jest to jedna z kluczowych działalności MOSiR-u.

Uzupełnieniem funkcjonalnym kompleksu „Cztery Pory Sportu” w zakresie upra- wiania sportów wodnych jest „Marina Solna” (ryc. 2), zlokalizowana w północno- zachodniej części Wyspy Solnej na terenie portu morskiego w Kołobrzegu [<https://zpm-kolobrzeg.pl/port-jachtowy/>]. Marina ta posiada pełną infrastrukturę dla obsługi jachtów morskich, a każde stanowisko posiada własne przyłącze wody i prądu. W sąsiedztwie zlokalizowana jest hala, w której działa serwis jachtów. Na terenie mariny możliwe jest wodowanie jednostek za pomocą bramownicy o udźwigu 35 ton lub ślipu o nośności do 1,5 tony, a jednostki mogą tankować benzynę i olej napędowy bezpośrednio ze sta- cji paliw zlokalizowanej przy nabrzeżu. Goście mają do dyspozycji łazienki, pralnie z suszarnią i wiele terenów zielonych, a wszystko jest chronione i monitorowane. W bu- dynku klubowym mieszczą się także lokale handlowe, biura, gastronomia i sala konfe- rencyjna. Na terenie mariny znajduje się zabytkowa Reduta Morast, w której w sezonie letnim prowadzony jest Klub Żeglarski z organizowanymi wieczornymi koncertami. W trakcie sezonu letniego marina przyjmuje również rolę centrum sportów wodnych, gdzie organizowane są liczne imprezy sportowe. Na terenie portu funkcjonują też dwa duże podmioty czarterowe, a także znajduje się ścieżka edukacyjna oraz Portowa Stre- fa Chilloutu. Na morzu, wodach rzeki Parsęty oraz częściowo na Kanale Drzewnym odbywają się liczne imprezy sportowo-rekreacyjne i zawody żeglarskie. Na dużą skalę

wykorzystywane są łodzie, żaglówki, jachty, łodzie motorowe, a od roku 2021 regularnie wzdłuż rzeki Parsęty od Starówki do Latarni Morskiej kursuje tzw. kołobrzeski tramwaj wodny, zarządzany przez Zarząd Portu Morskiego. Znajduje się tu „Skansen Morski” jako oddział Muzeum Oręża Polskiego w Kołobrzegu, a także w pełni odrestaurowana wg. oryginalnych planów z XVIII w. „Reduta Morast” oraz „Reduta Solna” jako pamiątki z czasów wojen szwedzkich i wojen napoleońskich.



Ryc. 2. Widok na kompleks sportowo-rekreacyjny „Cztery Pory Sportu”, stadion lekkoatletyczny oraz baseny „Mariny Solnej”

Fig. 2. View of the „Cztery Pory Sportu” sports and recreation complex, an athletics stadium and the „Marina Solna” swimming pools

Źródło: <https://kolobrzeg.obliview.com/#>.

Source: <https://kolobrzeg.obliview.com/#>.

Na obszarze Kołobrzegu, podobnie jak w Olsztynie, funkcjonują liczne obiekty sportowo-rekreacyjne. Są one rozmieszczone w różnych częściach miasta i nie stanowią zwartych kompleksów sportowych. Na uwagę zasługują:

- Hala Rycerska MOSiR – o wymiarach 28 m x 16 m z widownią na 400 miejsc (ul. Wąska 1);
- Hala Sportowa OPP – o wymiarach 55 m x 20 m (ul. Mazowiecka 1);
- Hala Sportowa SP 7 – o wymiarach 42 m x 18 m (ul. Okopowa 1a);
- Hala Sportowa SP 3 – o wymiarach 35 m x 18 m (ul. E. Łopuskiego 15);
- Hala Sportowa SP 5 – o wymiarach 35 m x 20 m (ul. K. Arciszewskiego 20);
- Korty Tenisowe „Tenis Park Kołobrzeg” – 6 kortów odkrytych, 1 kort całoroczny (ul. Gen. W. Sikorskiego 1);
- 4 obiekty typu „Orlik 2012” (ul. Makuszyńskiego 26, 1 Maja 47, Kasztanowa 1 – Budzistowo, Borkowska 2 – Grzybowo);
- ponad 100 niecek basenowych z zapleczem rekreacyjno-wypoczynkowym, Spa & Wellness w kilkudziesięciu obiektach hotelowych, sanatoryjnych i wypoczynkowych na terenie całego miasta Kołobrzeg.

Lokalizacja CRS „UKIEL” w Olsztynie oraz MOSIR „MILENIUM” w Kołobrzegu

W ramach opracowania autorzy skupiają się na 2 przykładach obiektów sportowo-rekreacyjnych, tj. całoroczny CRS „Ukiel” w Olsztynie i całoroczny kompleks obiektów „Cztery Pory Sportu” w Kołobrzegu.

Centrum Rekreacyjno-Sportowe „Ukiel” (ryc. 3) usytuowane jest nad polodowcowym jeziorem Ukiel, położonym w północno-zachodniej części Olsztyna, o powierzchni 412,0 ha i 43 m głębokości. Łączna objętość tego akwenu wynosi ok. 43,6 mln m³. Jezioro Ukiel, zwane także Jeziorem Krzywym, dzieli się na 4 wyraźnie zaznaczające się akwenty. CRS „Ukiel” zlokalizowane jest niemal w całości nad Zatoką Grunwaldzką. Należy podkreślić, że oddany do użytku w 2014 roku CRS „Ukiel” jest jedynym tak zróżnicowanym kompleksem sportowo-rekreacyjnym spośród wszystkich obiektów zarządzanych przez OSiR w Olsztynie, a jego funkcje nakierowane są w szczególności na rekreację wodną i rekreację na terenach otwartych o charakterze całorocznym.

Ośrodek ten realizuje zadania z zakresu przyznanych inwestycji, kultury fizycznej oraz obowiązki związane z zarządzaniem obiektami sportowo-rekreacyjnymi [https://osir_olsztyn.bip.gov.pl/o-nas/o-nas.html].



Ryc. 3. Plan ogólny CRS „Ukiel” w Olsztynie
 Fig.3. General plan of CRS „Ukiel” in Olsztyn
 Źródło: OpenStreetMap.
 Source: OpenStreetMap.

Rada miejska miasta Olsztyn scharakteryzowała jego rolę jako: «Realizowanie polityki miasta w dziedzinie rekreacji, sportu i rehabilitacji ruchowej» poprzez [<https://osir.olsztyn.pl/pl/ukiel/>]:

- a) zarządzanie obiektami sportowo-rekreacyjnymi i terenami, które stanowią własność gminy;
- b) rozpowszechnianie walorów rekreacji ruchowej, organizację zawodów i wydarzeń sportowo-rekreacyjnych;
- c) zarządzanie działalnością gospodarczą w: usługach hotelarsko-gastronomicznych, handlowych, reklamowych.

Lokalizacja Centrum Rekreacyjno-Sportowego „Ukiel” cechuje się bardzo dobrą dostępnością komunikacyjną. Obiekt jest zlokalizowany przy ul. Sielskiej w dawnym ciągu drogi krajowej nr 16 (obecnie jej rolę przejęła obwodnica Olsztyna jako S-16). Istotna jest także bliska odległość do Dworca Zachodniego i centrum miasta. Do CRS „Ukiel” można dojechać autobusami miejskimi linii nr: 107, 113, 307 oraz NO2. Na terenie Olsztyna istnieje możliwość korzystania ze skuterów, rowerów oraz hulajnóg,

a dzięki rozwiniętej sieci tras rowerowych obiekt jest dostępny za pomocą alternatywnych środków transportu (ryc. 3).

Na obszarze Kołobrzegu kluczową rolę w kreowaniu dostępności do obiektów sportowych i rekreacyjnych pełni zakład budżetowy, będący jednostką organizacyjną Gminy Miasto Kołobrzeg pod nazwą Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji w Kołobrzegu na podstawie Uchwały NR XXXVI/483/09 Rady Miasta Kołobrzeg z dnia 13 sierpnia 2009 r. w sprawie przekształcenia jednostki budżetowej Miejskiego Ośrodka Sportu i Rekreacji w Kołobrzegu w zakład budżetowy Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji w Kołobrzegu [<https://bip.mosir.kolobrzeg.pl/>].

W świetle niniejszej uchwały Ośrodek ten realizuje zadania własne i miasta w zakresie kultury fizycznej, sportu i rekreacji, a w szczególności [<https://bip.mosir.kolobrzeg.pl/>]:

- 1) administrowanie powierzonym majątkiem, w tym obiektami i terenami sportowymi i rekreacyjnymi;
- 2) wyposażanie w urządzenia sportowe i rekreacyjne powierzonych Ośrodkowi obiektów i terenów sportowych;
- 3) eksploatacja, konserwacja i rozbudowa inwestycyjna obiektów sportowych i rekreacyjnych;
- 4) udostępnianie szkołom, klubom, związkom sportowym, organizacjom kultury fizycznej, innym organizacjom społecznym i zawodowym oraz osobom indywidualnym bazy sportowej i rekreacyjnej Ośrodka na podstawie umów cywilnoprawnych;
- 5) pełnienie funkcji inwestora bezpośredniego przy realizacji zadań inwestycyjnych w zakresie obiektów sportowych i rekreacyjnych;
- 6) wykonywanie usług na rzecz innych jednostek organizacyjnych, w tym usług reklamowych z wykorzystaniem terenów i obiektów Ośrodka;
- 7) techniczne zabezpieczenie całorocznego korzystania z plaży i mola;
- 8) zarządzanie pasem technicznym brzegu morskiego w granicach administracyjnych Gminy Miasto Kołobrzeg, w tym organizowanie i prowadzenie kąpieliska na plaży morskiej w sezonie letnim;
- 9) prowadzenie działalności gospodarczej z wykorzystaniem powierzonego Ośrodkowi majątku według zasad ustalonych przez organ wykonawczy Gminy Miasto Kołobrzeg, w tym świadczenie usług hotelowych, wynajem pokoi gościnnych, gastronomii i prowadzenie płatnego parkingu;
- 10) organizacja imprez sportowo-rekreacyjnych;
- 11) ustalanie i organizacja imprez lokalnych, widowisk, turniejów, pokazów, występów estradowych, rewii, festiwali, targów i wystaw we współpracy z podmiotami gospodarczymi polskimi i zagranicznymi;
- 12) uatrakcyjnienie form korzystania z obiektów sportowych i rekreacyjnych.

Ośrodek zarządza mieniem komunalnym służącym do wykonywania zadań, o których mowa w ust. 1 oraz prowadzi działalność remontową i inwestycyjną.

W przypadku gminy miasto Kołobrzeg należy wspomnieć, że z powodu nadmorskiego położenia miasta oraz istnienia wielofunkcyjnego portu morskiego różnorodnej formy morskiej i śródlądowej wodnej turystyki żeglarskiej są realizowane w szczególności na obszarze morskiego portu jachtowego zarządzanego przez Zarząd Portu Morskiego w Kołobrzegu na terenie „Mariny Solnej”. Obiekt ten bezpośrednio sąsiaduje z obiektami MOSiR-u „Cztery Pory Sportu” w Kołobrzegu. Jedynym obiektem klasycznej turystyki wodnej, jaki podlega bezpośrednio pod MOSiR, a nie pod Zarząd Portu Morskiego, jest niewielka przystań kajakowa, zlokalizowana bezpośrednio przy Hali Milenium na Kanale Drzewnym (ryc. 4).

Obiekty sportowo-rekreacyjne MOSiR w Kołobrzegu oraz sąsiadująca z nimi „Marina Solna” są zlokalizowane w centralnej części miasta w Śródmieściu Kołobrzegu, dzięki czemu cechują się one bardzo dobrą dostępnością komunikacyjną. Dojazd do obiektów sportowych i rekreacyjnych zapewnia końcowy odcinek drogi ekspresowej S-11 określanej jako „droga dojazdowa do portu morskiego” oraz bardzo gęsta sieć dróg powiatowych i gminnych. Do obiektów kompleksu „Cztery Pory Sportu”, stadionu lekkoatletycznego oraz „Mariny Solnej” można również dojechać bezpośrednio liniami autobusowymi nr: 2, 5, 6, 10. W bezpośrednim sąsiedztwie zlokalizowany jest przystanek kolejowy PKP Kołobrzeg Stadion oraz centrum przesiadkowe „Bałtycka”. Wokół obiektów funkcjonują liczne parkingi oraz wypożyczalnia roweru miejskiego i hulajnóg dla różnych operatorów (ryc. 2).

Należy przy tym podkreślić, że w przeciwieństwie do CRS „Ukiel” w Olsztynie, który został ulokowany nad największym jeziorem Olsztyna, kompleks obiektów sportowych „Cztery Pory Sportu” był budowany jako główny docelowy obszar koncentracji funkcji sportowo-rekreacyjnych niezwiązanych bezpośrednio z plażami nadmorskimi, które z kolei są największą atrakcją i magnesem przyciągającym turystów, kuracjuszy i odwiedzających Kołobrzeg. Ponad 50 lat temu zbudowano tu stadion im. XXX-lecia Ludowego Wojska Polskiego (1975 r.), obok którego rozpoczęto także budowę hali sportowo-widowiskowej. Na skutek kryzysu przełomu lat 70/80. XX w. inwestycje te nie zostały ukończone i czekały na swoje dokończenie przez kolejne ponad 30 lat. Dopiero po 2000 roku możliwe stało się dokończenie budowy hali sportowo-widowiskowej „Milenium”, basenu oraz faktycznie budowa zupełnie od nowa stadionu miejskiego, który później został nazwany imieniem tragicznie zmarłego posta ziemi kołobrzesckiej Sebastiana Karpiniuka. Przy stadionie zbudowano zespoły boisk, halę „Łucniczka”, a po upływie kolejnych kilkunastu lat od 2018 roku kompleks ten został uzupełniony o nowy stadion lekkoatletyczny nazwany imieniem kołobrzesckiego sportowca Michała Barty – twórcy kołobrzesckiej lekkiej atletyki. Dodatkowym uzupełnieniem kompleksu „Cztery Pory Sportu” jest rozbudowywana etapami od wielu lat „Marina Solna”, która już obecnie jest uznawana za największy i najnowocześniejszy port jachtowy zachodniego wybrzeża, w którym kwitnie turystyka jachtowa (ponad 1000 zawinięć jachtów rocznie). Trwają przygotowania do budowy 4 basenu jachtowego oraz tzw. NAUTILIUM (centrum edukacji żeglarskiej).



Ryc.4. Plan ogólny obiektów MOSiR oraz Portu Jachtowego w Kołobrzegu
 Fig. 4. General plan of the MOSiR facilities and the Yacht Port in Kołobrzeg

Źródło: OpenStreetMap.
 Source: OpenStreetMap.

Podsumowanie

Podsumowując analizę zaplecza obu ośrodków miejskich, można zauważyć, że w przypadku Olsztyna w pierwszej kolejności widoczna jest potrzeba zwiększenia oferty miejsc plażowania w ramach plaż i kąpielisk miejskich, np. w ramach dalszego powiększania i unowocześniania CRS „Ukiel”. Dla Olsztyna i województwa warmińsko-mazurskiego bardzo duże, a wręcz rewolucyjne znaczenie ma trwająca obecnie finalizacja przebudowy hali Urania, która będzie jednocześnie pełniła rolę dużego – wielofunkcyjnego obiektu sportowo-kongresowego. Na nowej hali będą mogły odbywać się różnorodne wydarzenia sportowe, widowiskowe, a także kongresowo-wystawiennicze. Inwestycja ta znacząco poszerzy ofertę sportowo-

-rekreacyjną w skali województwa warmińsko-mazurskiego. Z kolei dalszy rozwój Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego może być ważnym impulsem do kontynuacji dalszej modernizacji stadionu lekkoatletycznego. Interesującym obiektem, w który warto inwestować w Olsztynie jest także stadion do rugby, który mógłby stać się bazowym obiektem dla tej dyscypliny sportu w północno-wschodniej części kraju. Z kolei modernizacja dwóch kolejnych obiektów (HWS „Urania” oraz Stadionu Miejskiego) sprawi, że Olsztyn dysponować będzie jeszcze szerszą oraz co ważniejsze – nowoczesną infrastrukturą sportowo-rekreacyjną. Pozwoli to bez wątpienia na organizację nowych wydarzeń sportowych i kulturalnych o zasięgu krajowym i międzynarodowym, co pozytywnie wpłynie na konkurencyjność i atrakcyjność miasta oraz otaczających go subregionów. Efektem rozbudowy oferty obiektów sportowo-rekreacyjnych w Olsztynie jest zmiana postrzegania Olsztyna jako „przejazdowego” w kierunku miasta, będącego celem wycieczek i miejsca faktycznej organizacji wypoczynku w miesiącach letnich i zimowych [Zachłowski P. 2016].

W przypadku Kołobrzegu dostrzegalny jest w szczególności brak jednego nowego dużego obiektu basenowego (aquaparku) z nieką basenową typu olimpijskiego o wymiarach 50 x 25 m z trybunami na co najmniej kilkaset miejsc, w połączeniu z także bardzo potrzebnym nowym dużym obiektem hali sportowej z centrum kongresowo-wystawienniczym i widowiskowym na kilka tysięcy osób (w tym hala na ok. 3 000–4 000 miejsc i jednocześnie centrum kongresowe na ok. 5 000 miejsc). W Kołobrzegu zauważalna jest również potrzeba budowy lub adaptacji istniejącego już obiektu dla potrzeb funkcjonowania stałego lodowiska krytego czynnego przez okres co najmniej kilku miesięcy w roku, a nawet przez cały rok (w ramach dalszego różnicowania całorocznej oferty sportowo-rekreacyjnej największego polskiego uzdrowiska). Być może takie całoroczne lodowisko kryte mogłoby zaistnieć w ramach istniejącej już obecnie hali Milenium po zbudowaniu nowej 2–3 krotnie większej hali sportowo-widowiskowej z centrum kongresowo-wystawienniczym i rozrywkowym. W najbliższych latach przewiduje się budowę czwartego basenu jachtowego, centrum edukacji żeglarskiej „Nautilus” oraz budowę nowych hal sportowych przy 2–3 szkołach podstawowych i ponadpodstawowych. Dalszej modernizacji wymagają boiska do piłki nożnej, koszykówki, a także hale sportowe. Trwa obecnie przebudowa promenady nadmorskiej oraz odcinka trasy rowerowej R-10 od Kamiennego Szańca do Sanatorium Arka wzdłuż ul. Antoniego Sułkowskiego.

Można zatem stwierdzić, że oba miasta dysponują dość dobrze rozbudowaną i wciąż modernizowaną bazą dla potrzeb uprawiania sportu oraz turystyki aktywnej. Każde z miast rozwija możliwości rozwoju i uprawiania różnorodnych dyscyplin sportowych, a mieszkańcy mają dzięki temu duże możliwości utrzymywania wysokiej aktywności fizycznej i sportowej.

Bibliografia

- Berbecka J., 2013, *Ewolucja form i roli obiektów sportowych w turystyce miejskiej*, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie.
- Duże Hale Sportowo-Widowiskowe w Polsce – inwentaryzacja bazy sportowej, Ministerstwo Sportu i Turystyki, 2016, s. 117.
- Pawlikowska-Piechotka A., 2009, *Zagospodarowanie turystyczne i rekreacyjne*, Novae Res – Wydawnictwo Innowacyjne, Gdynia, s. 162–163.
- Zachłowski P., 2016, *Wzrost konkurencyjności regionalnej Olsztyna jako wynik zrealizowanych i planowanych inwestycji sportowo-rekreacyjnych*, Zeszyty Naukowe WSES w Ostrołęce 2/2016 (21), s. 166.

Informator – Centrum Rekreacyjno-Sportowe „Ukiel” w Olsztynie.

<https://mapadotacji.gov.pl/projekty/?search=Budowa+ca%C5%82orocznej+infrastruktury+sportowo-rekreacyjnej+nad+jeziorem+Krzywym+w+Olsztynie%E2%80%9D&search-voivodeship=all&search-county=&search-fund=&search-program=&search-number-name-activity=&search-beneficiary=&search-title-of-project=&search-theme=&search-years=>

https://osir_olsztyn.bip.gov.pl/o-nas/o-nas.html.

<https://osir.olsztyn.pl/pl/ukiel>.

<https://restudio.com.pl/>.

<https://www.nik.gov.pl/plik/id,22166,vp,24833.pdf>.

<https://bip.mosir.kolobrzeg.pl/>.

<https://zpmkolobrzeg.pl/port-jachtowy/>.

<https://kolobrzeg.oblview.com/#>.

<https://miastokolobrzeg.pl/wiadomosci/17919-stadion-lekkoatletyczny-im-michala-barty-otwarty-foto-wideo.html>.

https://www.propertydesign.pl/architektura/104/przebudowa_hali_urania_miasto_przed_dylematem,34274.html.

Summary

The aim of the article is to present the diversification of the scope of functioning of sports and recreation facilities in Olsztyn, with particular emphasis on the example of the “Ukiel” Recreation and Sports Center and sports and recreation facilities in Kołobrzeg, with particular emphasis on the Municipal Sports and Recreation Center “Cztery Pory Sportu” in Kołobrzeg. The authors of the study also compare the scope of operation of two significantly different areas of concentration of sports and recreational facilities. Currently, sports and recreation facilities play a key role in meeting the sports and recreational needs of residents, tourists and visitors to urban centers. The city of Olsztyn and the municipal Functional Area of Kołobrzeg represent quite comparable populations of people who can potentially use sports and recreation facilities, and at the same time they are completely different in terms of their geographical location and functions. These differences prompted an attempt to compare the sports and recreational facilities of both cities and to show the differences and shortcomings in this respect. This study is also an attempt to indicate the usefulness of research conducted by students as part of their diploma theses.

Adam Robert Parol

Uniwersytet Jagielloński
Polska

ar.parol@student.uj.edu.pl
ORCID: 0000-0002-4969-4571

PRZEMIANY W OFERCIE KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI ŚLUPSKA

CHANGES IN AN OFFER OF AN URBAN TRANSPORT NETWORK IN THE SOUTH-EASTERN PART OF ŚLUPSK

Zarys treści: Artykuł podejmuje zagadnienie organizacji transportu miejskiego w Słupsku z uwzględnieniem zmian w tamtejszej sieci autobusowej w latach 2011–2021, co związane jest z diagnostyczno-deskryptywnym charakterem opracowania, będącym studium przypadku sytuacji komunikacji miejskiej w polskim ośrodku średniej wielkości. Obszar badań został ograniczony do południowo-wschodniej części miasta, którą tworzą trzy jednostki – osiedle Akademickie, osiedle Westerplatte oraz Lasek Południowy – wydzielone przez autora opracowania na podstawie kryteriów funkcjonalno-przestrzennych. W ramach części postulatywnej, autor zaproponował własne rozwiązania, które mogłyby zostać wprowadzone w ramach korekt w funkcjonowaniu sieci transportu autobusowego w obszarze badań. Całość rozważań została wykonana na podstawie analizy rozkładów jazdy oraz narzędzi analizy przestrzennej, jak również z odniesieniem do realiów organizacji transportu zbiorowego w Słupsku i sugerowanych w literaturze przedmiotu rozwiązań.

Słowa kluczowe: Słupsk, transport miejski, dostępność przestrzenna, oferta przewozowa
Key words: Słupsk, urban transport, spatial accessibility, transport offer

Wstęp

U progu trzeciej dekady XXI wieku transport zbiorowy kształtowany jest w Polsce według dwóch przeciwstawnych wektorów – z jednej strony jest on coraz częściej promowany jako korzystna dla środowiska naturalnego i budżetu gospodarstw domowych alternatywa wobec indywidualnych środków lokomocji, z drugiej zaś, ze względu na upowszechnienie kultury automobilności oraz niekorzystne trendy społeczno-demograficzne, jego rola w podziale zadań przewozowych stale maleje. Współczesny transport autobusowy w miastach powinien sprostać oczekiwaniom potencjalnych pasażerów, wychodząc im naprzeciw w zakresie jego dostępności i oferty przewozowej. Poprzez zapewnienie odpowiedniej siatki połączeń, miejska komunikacja autobusowa może stać się zarówno jeszcze bardziej atrakcyjna dla osób już poruszających się nią, jak i być realną alternatywą dla tych, którzy z niej nie korzystają lub robią to sporadycznie. Celem opracowania jest ukazanie zmian, jakie zaszły w dostępności przestrzennej oraz oferty przewozowej miejskiej sieci komunikacji autobusowej w południowo-wschodniej części Słupska w latach 2011–2021, oraz zaproponowanie korekt, które, zdaniem autora, po ich wdrożeniu usprawniłyby sytuację komunikacyjną w obszarze badań pod kątem transportu publicznego.

Organizacja i dostępność transportu autobusowego w miastach

Organizacja transportu publicznego jest jednym z największych wyzwań w polityce samorządowej – zarówno miejskiej, jak i regionalnej. W szczególności dotyczy to polskich miast średniej wielkości, które często borykają się z ogólnymi problemami natury demograficznej, społecznej i gospodarczej [Komorowski 2012; za: Kurniewicz, Swianiewicz 2016]. Zgodnie z treścią *Ustawy o transporcie publicznym*, gdzie „komunikacja miejska” definiowana jest jako „gminne przewozy pasażerskie wykonywane w granicach administracyjnych miasta albo miasta i gminy albo miasta i gmin sąsiadujących – jeżeli zostało zawarte porozumienie lub został utworzony związek międzygminny w celu wspólnej realizacji publicznego transportu zbiorowego” (Dz.U. 2011 Nr 5, poz. 13), władze miejskie są organizatorem przewozów jako zadania publicznego, które to przewozy są wykonywane przez odpowiednie firmy posiadające przystosowany do tego tabor i wykwalifikowanych pracowników [Beim, Gadziński 2009]. Trzonem komunikacji miejskiej w polskich miastach średnich są linie autobusowe, z rzadka uzupełniane przez trolejbusy bądź tramwaje. Stąd też odpowiednia organizacja przestrzenna transportu miejskiego dotyczy przede wszystkim sieci autobusowej, co jest dla miast zadaniem złożonym, ze względu na rachunek kosztów, prestiż ośrodka, współpracę (lub jej brak) z samorządami ościennymi, dynamicznie zmieniającym się zagospodarowaniem przestrzennym oraz nawykami mobilnościowymi ich mieszkańców. Transport zbiorowy w trzeciej dekadzie XXI wieku zmuszony jest sprostać nie tylko „twardym” wymaganiom związanym z liczbą kursów czy odpowiednimi trasami autobusów i lokalizacjami przystanków. Wyzwaniami są również

rosnąca kongestia, wynikająca z rosnącej popularności zmotoryzowanego transportu indywidualnego, konkurencja ze strony rowerów i tzw. UTO (urządzeń transportu osobistego), stan techniczny i wyposażenie taboru oraz infrastruktury towarzyszącej (mobilne plany podróży, zakup biletów z wykorzystaniem narzędzi teleinformatycznych, systemy informacji pasażerskiej, biletomaty, pojazdy niskopodłogowe itd.), dostępność dla osób o ograniczonych zdolnościach poruszania się (niepełnosprawność narządów ruchu, wzroku czy słuchu, wiek senioralny itd.) oraz dbałość o środowisko (zastosowanie odnawialnych źródeł energii czy bezemisyjnego taboru). Nie ulega jednak wątpliwości, iż nadal największe potrzeby wzbudza dostosowanie oferty przewozowej do potrzeb mieszkańców, a dopiero w kolejnych etapach zainteresowani są oni pozostałymi aspektami związanymi z potencjalną podróżą autobusem miejskim [Uchwała Rady Miejskiej Słupska z 2019 roku...]. W wielu polskich miastach liczba pasażerów w transporcie publicznym uległa zmniejszeniu w ciągu ostatnich lat, przegrywając ze zmotoryzowanym transportem indywidualnym, co poskutkowało zmniejszeniem oferty (nazywanej dla niepoznaki „racjonalizacją” lub „optymalizacją” zadań przewozowych) [Gadziński, Goras 2019].

Podstawą zapewnienia satysfakcjonującej oferty przewozowej jest odpowiednia organizacja przestrzenna kursów komunikacji miejskiej oraz dostosowanie podaży do istniejącego zapotrzebowania [Churski 2010]. Organizacja przestrzenna przejawia się w racjonalnym rozplanowaniu rozmieszczenia przystanków komunikacji miejskiej (aby zapewniały one jak najlepszą przestrzenną i czasową dostępność, jako punkty wejścia do systemu transportowego i wyjścia z niego) oraz wytrasowanie między nimi linii w sposób zapewniający optymalne skomunikowanie z pozostałymi częściami miasta – za pomocą połączeń bezpośrednich lub podróży z przesiadką, w zależności od wielkości miasta i obowiązujących w nim standardów [Bartosiewicz, Wiśniewski 2016]. Dostępność można rozumieć różnorodnie – S. Puławska i W. Starowicz [2011] definiują „dostęp” w odniesieniu do komunikacji miejskiej jako „zbiór cech określających warunki korzystania z układów transportowych i sieci transportowych obejmujących elementy prawa, informacji, organizacji i ograniczeń fizycznych”, wyróżniając ponadto różne miary dostępności infrastruktury punktowej i liniowej. Kolejnym zadaniem jest ustalenie liczby kursów wykonywanych na poszczególnych trasach w konkretnych okresach dnia i tygodnia – w układzie dni powszednie, soboty oraz niedziele i święta, a także w ich obrębie, ze szczególnym wskazaniem na poranny i popołudniowy szczyt komunikacyjny. Dobrą praktyką jest oferowanie kursów zorganizowanych w ramach cyklicznego rozkładu jazdy, tj. z kursami przez cały dzień lub przez przynajmniej kilka kolejnych godzin odjeżdżającymi z danego przystanku w takich samych odstępach czasu. Najwyższa częstotliwość kursowania cechuje najczęściej poranny szczyt komunikacyjny, trwający krócej od popołudniowego, a więc wymagający bardziej rozbudowanej oferty przewozowej. Liczba kursów wczesnopornych i wieczornych na liniach autobusowych często jest podobna do tych oferowanych w soboty, niedziele i święta, choć w soboty linie często zaczynają kursować z wyższą częstotliwością lub w ogóle wyjeżdżają na trasy wcześniej niż w niedziele i święta. Kursy nocne oferowane są najczęściej poprzez linie inne niż dzienne, rzadziej

spotyka się linie całodobowe, i cechują się one długimi i okrężnymi trasami, gdyż z racji braku połączeń alternatywnych ich celem jest obsłużenie większej części miasta kosztem atrakcyjnego czasu przejazdu. Odpłatności za przejazdy zasadniczo kształtowane są według trzech taryf – normalnej, ulgowej (50% ceny w taryfie normalnej) oraz bezpłatnej. Jako że organizacja transportu zbiorowego w miastach jest zadaniem publicznym, to rachunek zysków i strat organizatora przewozów (samorządu) nie musi być zbilansowany jak w przedsiębiorstwie prywatnym, stąd też powszechną praktyką jest dotowanie przewozów przez władze miast i innych szczebli samorządu, aby utrzymać zadowalającą ofertę transportową dla ich mieszkańców oraz sprawić, iż transport zbiorowy będzie w zasięgu finansowym dla zdecydowanej większości z nich (również poprzez nadawanie określonym grupom społecznym uprawnień do przejazdów ulgowych oraz bezpłatnych) [Beim, Gadziński 2009].

W literaturze przedmiotu przyjmuje się progi dostępności czasowej oraz przestrzennej przystanków komunikacji miejskiej, w tym transportu autobusowego. Najczęściej przyjmowaną granicą jest ok. 500 m (300–700 m), co pozwala na dotarcie do miejsca zatrzymania pojazdu w 3–8 minut tempem spacerowym (bez uwzględnienia przeszkód w terenie, np. deniwelacji czy oczekiwania na przejście na sygnalizacji świetlnej) [m.in. Neim, Gadziński 2009 czy Bartosiewicz, Wiśniewski 2016]. Czasem dla komunikacji w porze nocnej wyróżnia się wyższy próg (np. 750 lub 1000 m), uzasadniając to większą skłonnością potencjalnych pasażerów do skorzystania z niej ze względu na brak alternatywnych możliwości odbycia przemieszczenia; kwestia ta jest związana również z dużo rzadszą siecią połączeń i kursów nocnych w porównaniu do dziennych [Bartosiewicz, Wiśniewski 2016]. Strefy optymalnej dostępności przystanków wyznacza się za pomocą narzędzi analizy przestrzennej – zarówno z uwzględnieniem rzeczywistych możliwości przemieszczenia ciągami pieszymi, jak i w linii prostej. Na dostępność wpływa również zdolność do dotarcia na przystanek autobusowy osób o ograniczonych możliwościach przemieszczenia się, co jednak w przypadku tego środka transportu jest wyzwaniem mniejszym w porównaniu chociażby do transportu szynowego. Standardem obowiązującym w XXI wieku jest posiadanie przynajmniej częściowo niskopodłogowego taboru, co umożliwia korzystanie z pojazdów przez tę grupę osób bez problemów z dostaniem się do nich. Podobnie jest z informacją pasażerską – komunikaty głosowe ułatwiają podróże osobom z wadami wzroku [Beim, Gadziński 2009].

Charakterystyka obszaru badań

Na obszar badań wybrano południowo-wschodnią część Słupska – drugiego pod względem zaludnienia miasta Pomorza Środkowego (90 tys. w 2020 roku), położonego w woj. pomorskim. Jako że Słupsk nie posiada oficjalnego podziału miasta na dzielnice bądź osiedla (za takowe nie sposób uznać chociażby okręgów wyborczych w wyborach do miejskiego samorządu), lecz jedynie jest on utrwalony zwyczajowo w świadomości jego władz i mieszkańców, autor zdecydował się na arbitralne

określenie obszaru badań obejmującego trzy fragmenty Słupska, w oparciu o nieoficjalną nomenklaturę (ryc. 1), choć jej wyniki okazały się być w zdecydowanej większości zbieżne z obszarem „Strefy V”, wyróżnionym w obowiązującym w mieście Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego [Uchwała Nr XXX/493/21 Rady Miejskiej w Słupsku...] (pewną wadą tego opracowania jest większy nacisk na charakter zagospodarowania przestrzennego niż na kryteria funkcjonalno-urbanistyczne)¹. Dokonano delimitacji granic osiedla Westerplatte (północna i wschodnia część obszaru badań), osiedla Akademickiego (północno-zachodnia i centralna część obszaru badań) oraz Lasku Południowego (południowa część obszaru badań) według następujących przesłanek funkcjonalnych:

- os. Westerplatte od os. Akademickiego odróżnia zagospodarowanie przestrzenne w części zabudowanej – pierwsze z nich tworzą w większości budynki wielorodzinne, kilkukondygnacyjne, podczas gdy drugą niemal wyłącznie budynki jednorodzinne, bliźniacze bądź szeregowe;
- os. Akademickie od Lasku Południowego odróżnia zasadnicze zagospodarowanie terenu – zgodnie z nazwą, na Lasek Południowy składają się niemal wyłącznie zbiorowiska leśne, podczas gdy os. Akademickie jest w większości zabudowane. Granicę między tymi wydzieleniami poprowadzono mniej więcej na krańcach strefy zabudowanej;
- zachodnią granicę os. Akademickiego i Lasku Południowego tworzy rzeka Słupia. Północną granicę os. Westerplatte stanowi pas zieleni, oparty w części na granicy jednostki wojskowej oraz dnie wąwozu, natomiast razem z os. Akademickim jest ono odseparowane od Śródmieścia (Podgrodzia) charakterem zabudowy i okresem jej powstania, gdyż Podgrodzie tworzą budynki powstałe głównie do końca XIX wieku, w przeciwieństwie do młodszych zabudowań obszaru badań.

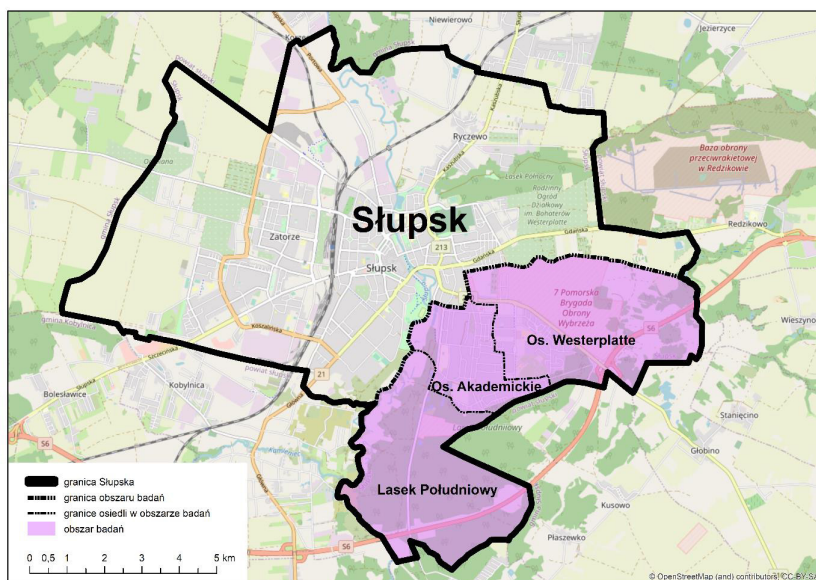
Najważniejszymi generatorami ruchu w obszarze badań są:

- Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Janusza Korczaka (os. Westerplatte);
- hipermarket budowlany sieci Castorama (os. Westerplatte);
- główny kampus Akademii Pomorskiej (os. Akademickie).

Dodatkowo można wyróżnić powstającą od 2020 roku strefę inwestycyjną przy drodze ekspresowej S6 (os. Westerplatte), Szkołę Podstawową nr 5 im. Gryfitów (os. Westerplatte), Kościół pw. św. Jana Kantego (os. Akademickie), Kościół pw. św. Pawła Apostoła (os. Westerplatte) oraz sztab i dowództwo 7 Pomorskiej Brygady Obrony Wybrzeża (os. Westerplatte). Tego rodzaju obiekty wymieniane są m.in. w miejskich dokumentach odnoszących się do rozwoju transportu miejskiego w Słupsku jako miejsca, których skomunikowanie komunikacją zbiorową powinno mieć największy priorytet ze względu na to, iż są to wyraźne generatory mobilności

¹ W 2016 roku próbowano wprowadzić oficjalny podział miasta na 12 osiedli zgrupowanych w czterech dzielnicach, jednak projekt ten pozostał niezrealizowany i autor opracowania ma do niego wiele zastrzeżeń. Za tę koncepcję odpowiadała ówczesna Młodzieżowa Rada Miasta.

miejskiej [Uchwała Rady Miejskiej w Słupsku z 2019 roku...]. Badanie marketin-
gowe przeprowadzone w 2018 roku wykazało, iż spośród pasażerów korzystających
w porze dziennej w dni robocze z przystanku autobusowego Szpital, zlokalizowanego
pod budynkiem Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego, 70% odbywało podróż
komunikacją miejską do tego miejsca w związku z wizytą w tym obiekcie [PTC Pub-
lic Transport Consulting 2018].



Ryc. 1. Obszar badań, wraz z jego podziałem, w odniesieniu do granic Słupska
Fig. 1. The research area, with its division, in relation to the borders of Słupsk

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Osiedle Akademickie swoją nazwę zawdzięcza istniejącemu między ulicami Ar-
ciszewskiego, Raławicką, Spacerową i Leśną od przełomu lat 50. i 60. kampusowi
Akademii Pomorskiej. W pierwszych dekadach XX wieku przy ul. Arciszewskiego,
Raławickiej i Gdynskiej, oraz w ich bezpośrednim sąsiedztwie, zbudowano szereg
budynków, głównie jedno- i dwurodzinnych. W tym okresie przestrzeń zintegro-
wała się z miastem dawniej niezależna osada w okolicy ulicy Leśnej. Po II wojnie
światowej osiedle rozwinęło się głównie dzięki budowie kampusu akademickiego.
Najbardziej dynamiczna zmiana zagospodarowania tej części miasta rozpoczęła się
w latach 80., kiedy to w jej południowej i wschodniej części wytyczono kilkadzie-
siąt nowych ulic i rozparcelowano działki pod budownictwo jednorodzinne, która to
przestrzeń niemal w całości została w ciągu kilkunastu lat wykorzystana [Szalewska
2002]. W konsekwencji przestrzeń os. Akademickiego została zurbanizowana w cią-
gu stu lat niemal w pełni.

Początkowa historia osiedla Westerplatte związana jest z utworzeniem w latach 1936–1937 jednostki wojskowej ob. ul. Boh. Westerplatte. Do dnia dzisiejszego rozpościera się ona na przestrzeni ok. 2 km², zajmując całą północną część osiedla. W jej sąsiedztwie powstało kilkanaście budynków mieszkalnych, a ok. 1940 planowano zabudowę niemal całego terenu obecnego osiedla budynkami wielorodzinnymi. Założenia te porzucono po II wojnie światowej, kiedy to polska administracja zablokowała możliwość wznowienia procesów urbanizacji tego terenu, rezerwując go na cele wojskowe (poligon). Znalazło się tam jedynie miejsce dla kilkunastu bloków mieszkalnych między ulicami Hubalczyków, Górną i Kosynierów Gdyńskich [Szalewska 2002]. Sytuacja uległa diametralnej zmianie w drugiej połowie lat 80., kiedy to w południowo-wschodniej części osiedla zaplanowano budowę głównego szpitala w mieście². Odblokowano wówczas możliwość lokowania tam inwestycji budowlanych – w pierwszej kolejności powstało kilka bloków w sąsiedztwie przyszłego szpitala, natomiast od lat 90. nastąpił bardzo szybki rozrost tej części miasta po wschodniej stronie ul. Hubalczyków, gdzie na przełomie XX i XXI wieku wyrosło wiele budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych, zbudowano tam również od podstaw szkołę podstawową oraz przedszkole miejskie. Ulica Hubalczyków stała się centrum usługowym i osią urbanistyczną osiedla. W ciągu pierwszych dwudziestu lat XXI wieku wypełniono zabudową przestrzeń także w innych częściach osiedla, sprawiając, iż w 2021 roku niemal cała jego powierzchnia nadająca się naturalnie pod zabudowę została wykorzystana na te cele. Na obszarze badań nigdy w historii nie rozwinęła się działalność przemysłowa na szeroką skalę, co zaczęło zmieniać się w 2020 roku, kiedy to we wschodniej części os. Westerplatte, w bezpośrednim sąsiedztwie drogi ekspresowej S6 wraz z węzłem Słupsk-Wschód, wytyczono przebieg nowej ulicy, nazwanej Innowacyjną, przy której zlokalizowano przeznaczone na sprzedaż nieruchomości dla inwestycji przemysłowych [Głos Pomorza 2020].

Lasek Południowy, mimo iż od kilkuset lat znajduje się w granicach Słupska, do dnia dzisiejszego zachował swój częściowo naturalny charakter gęstych zbiorowisk leśnych i podmokłych. W przeszłości znajdowały się w nim wyrobiska iłów, które później zostały zagospodarowane na cele rekreacyjne, częściowo tworząc kompleks Parku Trendla [Szalewska 2002]. Centralną część Lasku zajmuje strzelnica wojskowa. Ze względu na sprzyjające warunki terenowe (deniwelacje sięgające kilkudziesięciu metrów), w przeszłości w Lasku istniała infrastruktura narciarska (stok, wyciąg i skocznia) – tzw. Górka Narciarza – która w ostatnich latach uległa degradacji i nie służy ona do realizacji wymienionych aktywności sportowych. Obecnie jest to przestrzeń, która przyciąga wielu spacerowiczów – mieszkańców miasta. Zamieszkała jest jedynie południowa część Lasku, a w bezpośrednim sąsiedztwie tych zabudowań przebiega droga ekspresowa S6, przecinając Lasek Południowy na dwie niemal całkowicie odseparowane od siebie części.

Kręgosłupem układu komunikacyjnego obszaru badań jest ul. Boh. Westerplatte, przecinająca os. Westerplatte równoleżnikowo. Jej rolę uzupełniają prostopadłe

² Budowę szpitala ukończono dopiero po 25 latach, w 2011 roku.

do niej trzy ulice o mniejszym znaczeniu – Arciszewskiego (wraz z ul. Nad Śluzami i Mierosławskiego) (os. Akademickie i Lasek Południowy), Gdyńska (os. Akademickie) oraz Hubalczyków (os. Westerplatte i Akademickie). Na wschodnich rubieżach terenu badań, przy ul. Boh. Westerplatte, zlokalizowany jest węzeł drogi ekspresowej S6 Słupsk-Wschód, co wraz z faktem, iż ulica ta jest drogą wojewódzką nr 210 i odpowiada za skomunikowanie Słupska z m.in. Bytowie, sytuuje ją w pozycji jednej z najważniejszych arterii komunikacyjnych całego miasta. Na rubieżach obszaru badań przebiega droga ekspresowa S6, której trasa nie ma jednak niemal żadnego wpływu na komunikację w jego obrębie, z wyjątkiem dociążania ruchem samochodowym ul. Boh. Westerplatte pojazdami zjeżdżającymi z niej na węzle Słupsk-Wschód.

W obszarze badań nie znajduje się żadna stacja kolejowa z regularnymi przewozami pasażerskimi, co więcej – nie przebiega w jego granicach żadna czynna linia kolejowa. Do 1945 roku południowo-zachodnią częścią tego rejonu miasta (Lasek Południowy) przebiegała linia kolejowa ze Słupska do Budowa, którą to przez ok. pół wieku kursowały pociągi pasażerskie, z dwoma zatrzymaniami właśnie w Lasku Południowym. Po II wojnie światowej linia została rozebrana. Pozostały po niej jedynie ślady w postaci nasypu kolejowego (Baza Kolejowa).

Początki zorganizowanej komunikacji miejskiej na os. Akademickim datuje się na 1914 rok, kiedy to do północnej części ul. Arciszewskiego doprowadzono istniejącą w Słupsku od czterech lat sieć tramwajów elektrycznych. Kursująca do tej krainki jedna linia w latach 30. została wydłużona do skrzyżowania ulic Arciszewskiego i Raclawickiej. Ten środek komunikacji przetrwał w Słupsku do 1959 roku, kiedy to linia tramwajowa nr 1 została zastąpiona linią autobusową o tym samym numerze, przy jednoczesnym wydłużeniu jej przebiegu do ul. Gdyńskiej (konieczność zapewnienia obsługi transportem publicznym zurbanizowanych obszarów, przy jednoczesnym braku środków finansowych na inwestycje w infrastrukturę i tabor były zasadniczymi przyczynami zastąpienia w Słupsku tramwajów autobusami) [Szymajda 2010]. W kolejnych latach transport miejski sukcesywnie obejmował kolejne ulice południowo-wschodniego Słupska, czego najbardziej wyraźny przejaw miał miejsce w latach 1986–1987, kiedy to ulicami Boh. Westerplatte i Hubalczyków, do nowej pętli zlokalizowanej w ciągu drugiej z tych ulic, zaczęły kursować trolejbusy, których sieć powstała w Słupsku w 1985 roku. Za skomunikowanie os. Westerplatte, w tym budowanego szpitala, przy którym zlokalizowano pętlę, z pozostałymi częściami miasta, odpowiadały linie B oraz C. Plany zakładały również poprowadzenie ostatecznie nieutworzonej linii D na os. Akademickie (bądź Nadrzeczce). Drugi w historii miejskiego transportu w Słupsku elektryczny środek transportu został zlikwidowany w 1999 roku, a linie B i C otrzymały odpowiednio numery 16 i 15 [Połom 2013].

Metodyka

W badaniu podjęto się analizy rozkładów jazdy miejskich autobusów w Słupsku według stanu z dnia 1 stycznia 2011 oraz 2021 roku, opierając się jedynie na liniach mających zatrzymanie w granicach obszaru badań w tym czasie. Na tej podstawie wykonano kartodiagramy wstęgowe, obrazujące częstotliwość kursów na poszczególnych fragmentach sieci w dni powszednie w porze dziennej (godziny 6–18) oraz wykonano analizę przestrzenną dostępności przestrzennej do przystanków, przy których zatrzymywały się kursy nocne we wszystkie dni tygodnia (w godzinach 0–4, a więc takich, w których nie kursowały linie dzienne). Dokonano również porównania w zakresie zmian w częstotliwości kursów w porze dziennej oraz liczby wykonywanych kursów w porze wieczornej (godziny 20–22) w dni powszednie. Jedynie tłem analiz była oferta przewozowa w soboty, niedziele i święta. W przypadku danych z 2021 roku nie uwzględniono czasowych ograniczeń spowodowanych zmniejszoną liczbą pasażerów z powodu restrykcji w życiu społecznym i gospodarczym w związku z ogłoszonym 20 marca 2020 roku stanem epidemii na terenie całego kraju – dotyczyły one bowiem dwóch linii (jedna zawieszona w całości, druga kursująca wyłącznie w godzinach porannego i popołudniowego szczytu komunikacyjnego w dni powszednie zamiast przez cały dzień).

Zaproponowano również możliwości rozwoju komunikacji miejskiej w Słupsku poprzez zmianę lokalizacji, nazw oraz utworzenie nowych przystanków autobusowych, korektę przebiegu tras poszczególnych linii bądź ich wydłużenie, a także zmiany w częstotliwości, dniach i godzinach kursowania. Koncepcje te nie mają charakteru rewolucyjnego, gdyż opierają się zasadniczo na tych samych liniach i ich trasach, jakie kursowały w obszarze badań w 2021 roku i miałyby na celu poprawienie dostępności komunikacyjnej kilku wykluczonych bądź dopiero rozwijających się obszarów osiedli Akademickiego, Westerplatte i Lasku Południowego oraz w ich bezpośrednim sąsiedztwie.

Analizę przestrzenną dostępności przestrzennej do przystanków wykonano, wykreślając wokół niech strefę o promieniu 500 m (w linii prostej). Wybór ten został podyktowany sugerowanym w wielu opracowaniach (patrz „Organizacja i dostępność transportu autobusowego w miastach”) optymalnym czasem i odległością, którą potencjalni pasażerowie są w stanie przeznaczyć na dotarcie na przystanek. W rzeczywistości odcinek 500 m w linii prostej jest zbliżony drodze równej ok. 600 m z wykorzystaniem istniejących ciągów pieszych [Beim, Gadziński 2009].

Organizacja transportu miejskiego w Słupsku

Organizatorem przewozów autobusowych w Słupsku jest samorząd miejski, który poprzez podlegający mu Zarząd Infrastruktury Miejskiej (ZIM) w Słupsku zleca przewoźnikom zadania związane z przewozami. Pomimo ogłaszanych kilkakrotnie przetargów otwartych dla przewoźników komercyjnych, do 2021 roku nie pojawił się

w tym mieście inny realizator zadań przewozowych niż Miejski Zakład Komunikacji (MZK) w Słupsku. Według stanu z 2021 roku posiada on 62 pojazdy – 55 standardowych, dwunastometrowych oraz 7 przegubowych, osiemnastometrowych. 14 z nich jest zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG), natomiast już od kilkunastu lat cała flota MZK jest niskopodłogowa lub niskowejściowa. Niemal wszystkie pojazdy kursujące po ulicach Słupska zostały wyprodukowane w tym mieście, w miejscowych zakładach firmy Scania. W 2020 roku liczba linii autobusowych wynosi 19, z których jedna to linia nocna, a 6 – podmiejskie, obsługujące również gminy Słupsk i Kobylnica. Dla całego systemu komunikacji miejskiej obowiązuje jednolita taryfa (brak stref biletowych), w ramach której odpłatność za przejazd wynosi 2,50 zł przy zakupie biletu normalnego oraz 1,25 zł za bilet ulgowy, co sytuuje Słupsk w gronie polskich miast posiadających jedne z tańszych biletów jednorazowych³.

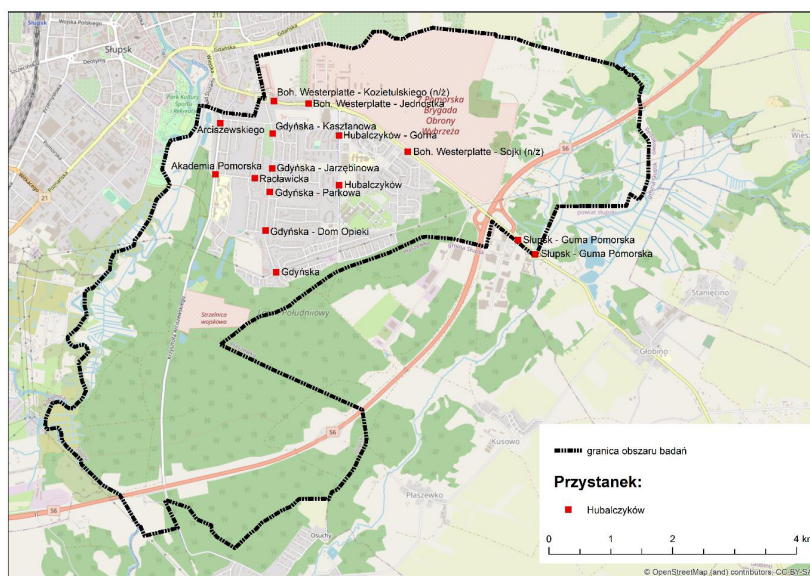
Układ linii w mieście zasadniczo zapewnia możliwość odbycia podróży bezpośrednich między różnymi jego częściami, z wyjątkiem kilku z nich, do których kursuje tylko po jednej linii (np. os. Ryczewo). Wszystkie linie miejskie mające charakter podstawowych kursują w dni powszednie w porze dziennej z częstotliwością wynoszącą przynajmniej 2 kursy w ciągu godziny, natomiast w soboty, niedziele i święta – przynajmniej 1 w tym samym czasie. Częściej (zasadniczo dwukrotnie) od nich kursują linie priorytetowe, natomiast rzadziej uzupełniające, którą to grupę tworzą linie *stricte* podmiejskie oraz linia nocna. Na liniach podstawowych i priorytetowych obowiązuje cykliczny rozkład jazdy we wszystkie dni tygodnia i we wszystkich porach dnia, choć bywa on stosowany również na liniach uzupełniających. Autobusy przegubowe są kierowane głównie do obsługi linii podmiejskich. Wiele przystanków w granicach miasta jest wyposażonych w wiaty przystankowe, a część z nich – w wyświetlacze dynamicznej informacji pasażerskiej (w obszarze badań znajdują się dwa takie obiekty – os. Westerplatte i os. Akademickie w kierunku centrum). Na terenach słabo zurbanizowanych, zarówno w mieście, jak i poza nim, obowiązują przystanki warunkowe (tzw. na żądanie), pozostałe z nich mają charakter stały. Zasadniczo na najważniejszych ciągach komunikacyjnych miasta, którymi kursują miejskie autobusy, stosowane są zatoki przystankowe.

Zmiany w organizacji transportu miejskiego w obszarze badań w latach 2011–2021

W 2011 roku w obszarze badań znajdowało się 15 przystanków bądź zespołów przystankowych, z których odjeżdżało łącznie 7 linii (w tym jedna nocna) (ryc. 2). Trasa żadnej z nich nie obejmowała Lasku Południowego. Na os. Akademickim znajdowała się jedna pętla, na której swój bieg zaczynały i kończyły linie nr 1 i 21 (Gdyńska), kolejną zlokalizowano na os. Westerplatte, z której odjeżdżały linie nr 8, 9, 15 i 16 (Hubalczyków). Linia nr 11 przejeżdżała przez os. Westerplatte, nie mając tam

³ Bilet jednorazowy może być używany również jako przesiadkowy, lecz wówczas podróż nie może trwać dłużej niż 30 minut od jej rozpoczęcia.

początku ani końca swojej trasy, i posiadała ona stosunkowo nieregularny rozkład jazdy ze względu na fakt, iż była ona linią podmiejską, przeznaczoną do obsługi kilku miejscowości znajdujących się w gminach Słupsk i Dębica Kaszubska. Większość z pozostałych linii kursowała w porze dziennej w dni powszednie w taktie dwudziestominutowym – wyjątkiem była linia nr 1 z odjazdami co 10 minut. W porze porannej i wieczornej w dni powszednie, dla wszystkich linii, z wyjątkiem linii nr 11 oraz linii nr 8, która w tych godzinach w ogóle nie kursowała, takt odjazdów wynosił 30 minut, natomiast w soboty, niedziele i święta dotyczył on wyłącznie linii nr 1, 15 i 16. W soboty w ciągu dnia linie nr 1, 15 i 16 kursowały podobnie jak w dzień powszedni, czyli co 20 minut, natomiast linia nr 9 co 40, a linia nr 8 – co 60 minut. W niedziele i święta w porze dziennej na liniach nr 1, 15 i 16 obowiązywał takt trzydziestominutowy, a na liniach nr 8 i 9 – godzinny. Linia nocna, a więc nr 21, była uzupełnieniem całodobowo kursującej linii nr 1, funkcjonując w porze późnowieczornej i wczesnoporannej na rozszerzonej względem linii nr 1 trasie. Jediną linią łączącą os. Akademickie i os. Westerplatte była linia nr 8 (tab. 1). Z obszaru badań za pomocą bezpośrednich połączeń można było odbyć podróż do niemal wszystkich części Słupska – wyjątkiem były jego zachodnie i północne peryferia (os. Zachodnie⁴, SSSE, os. Bałtyckie, os. Ryczewo) oraz położone na południu miasta os. Nadrzecze.



Ryc. 2. Lokalizacja przystanków autobusowych w obszarze badań wraz z ich nazwami w 2011 roku
 Fig. 2. The location of the bus stops in the research area with their names in 2011

Źródło: opracowanie własne.
 Source: author's own work.

⁴ W 2011 roku os. Zachodnie było przestrzenią niemal całkowicie wolną od zabudowy mieszkaniowej, jego charakter i kształt zaczęły się formować dopiero kilka lat później.

W porze dziennej w dni powszednie najwyższe natężenie ruchu komunikacji miejskiej w obszarze badań odnotowywano na dwóch ciągach ulic: Boh. Westerplatte–Hubalczyków oraz Arciszewskiego–Raławicka. W obu sytuacjach częstotliwość wykonywanych tam kursów wynosiła nie mniej niż średnio co 8 minut, a więc w takcie pozwalającym na optymalne zaspokojenie potrzeb przewozowych. Najlepsza dla pasażera sytuacja miała miejsce na przystankach Boh. Westerplatte–Kozietulskiego (n/ż) oraz Boh. Westerplatte–Jednostka, gdzie dzięki wysokiej częstotliwości kursowania wielu linii autobusy odjeżdżały z nich średnio co ok. 5 minut. Oba wspomniane ciągi komunikacyjne przebiegały przez centralne części obu osiedli oraz w sąsiedztwie najważniejszych obiektów w nich się znajdujących. Niemniej jednak wiele rozwijających się pod względem budownictwa mieszkalnego części osiedli Akademickiego i Westerplatte posiadało wówczas niedostateczny dostęp do komunikacji miejskiej – z części z nich należało pokonać nawet ponad 1000 m na dotarcie na najbliższy przystanek z wysoką częstotliwością kursowania (wyższą niż co 30 minut).

Tabela 1.

Podstawowe informacje o przystankach i liniach autobusowych w obszarze badań w odniesieniu do pory dziennej i wieczornej w dni powszednie w 2011 roku⁵

Table 1.

Basic information on bus stops and lines in the research area in relation to daytime and evening time on weekdays in 2011

Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Osiedle Westerplatte			
Boh. Westerplatte – – Kozietulskiego (n/ż)	8, 9, 11, 15, 16	5	7
Boh. Westerplatte–Jednostka	8, 9, 11, 15, 16	5	7
Boh. Westerplatte–Sojki (n/ż)	11	65	1
Hubalczyków	8, 9, 15, 16	5	6
Hubalczyków–Górna	8, 9, 15, 16	5	6
Słupsk–Guma Pomorska (n/ż)	11	65	1
Słupsk–Guma Pomorska (n/ż)	11*	65	1
Osiedle Akademickie			
Akademia Pomorska	1, 8, 21	8	4
Arciszewskiego	1, 8, 21	8	4

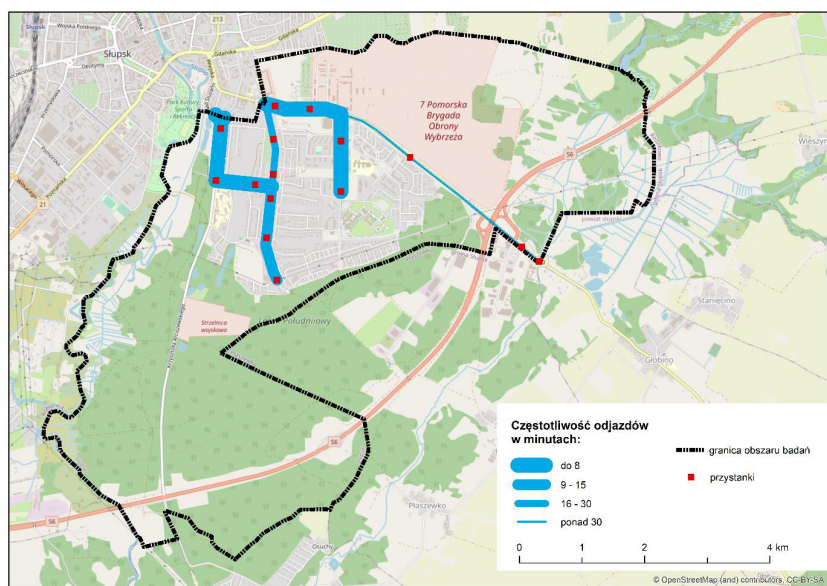
⁵ We wszystkich tabelach umieszczonych w artykule zastosowano jednolity sposób dodatkowych adnotacji:

- podkreślenie nazwy przystanku oznacza, iż jest to pętla dla przynajmniej jednej linii;
- pogrubienie numeru linii oznacza, iż jest to linia nocna;
- umieszczenie numeru linii w nawiasie oznacza, iż na tym przystanku kursuje ona wyłącznie poprzez inne od podstawowego warianty trasy;
- znak „*” przy numerze linii oznacza, iż zatrzymuje się ona na danym przystanku tylko w jednym kierunku jazdy.

Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Gdyńska	1, (8), 21	11	4
Gdyńska–Dom Opieki	1, (8), 21	11	4
Gdyńska–Parkowa	1, (8), 21	11	4
Gdyńska–Jarzębinowa	8	21	0
Gdyńska–Kasztanowa	8	21	0
Raławicka	1*, 8*, 21*	8	4
Lasek Południowy			
-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own work.

Do terenów wykluczonych należały okolice ul. Sucharskiego na os. Akademickim oraz wschodnia część os. Westerplatte. Linia nr 11, jako jedyna kursująca w drugim z rejonów, kursowała zaledwie co ok. 65 minut, co nie było wynikiem satysfakcjonującym w kontekście realiów komunikacji miejskiej – wynikało to z jej podmiejskiego charakteru. Negatywnie należy również ocenić brak możliwości dotarcia do Lasu Południowego komunikacją miejską (ryc. 3).



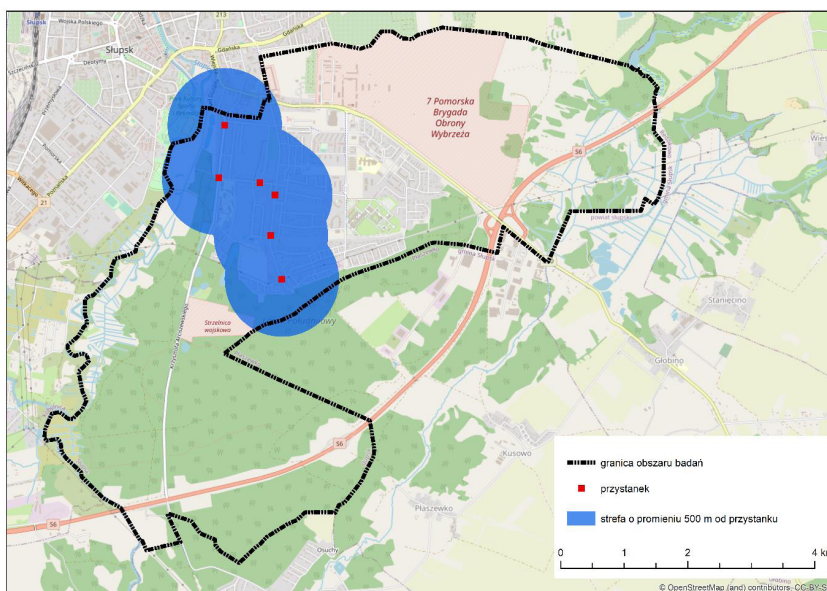
Ryc. 3. – Częstotliwość kursowania transportu zbiorowego w porze dziennej w dni powszednie w obszarze badań w 2011 roku

Fig. 3. – Daily frequency of public transport on weekdays in the research area in 2011

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own work.

W porze wieczornej dni powszednich kursowały te same linie co w porze dziennej, lecz z wyraźnie mniejszą częstotliwością odjazdów, a linia nr 8 w ogóle nie funkcjonowała. W konsekwencji dużo lepiej skomunikowane było w tym czasie os. Westerplatte niż os. Akademickie, szczególnie że w porównaniu do pory dziennej, bezpośredniego dostępu do komunikacji miejskiej została pozbawiona północna część ul. Gdyńskiej. W stosunku do ciągu ulic Arciszewskiego–Raławicka–Gdyńska, gdzie kursowała linia nr 1 co pół godziny, na ul. Hubalczyków odbywało się o 50% więcej kursów, a na ul. Boh. Westerplatte – nawet o 75% (tab. 1). Korzystniejsza była tam również struktura odjazdów – w porze wieczornej można było skorzystać z czterech linii.

Komunikacja nocna w 2011 roku zorganizowana była w sposób, który całkowicie wykluczał natomiast os. Westerplatte. Stąd też strefa dostępności przystanków linii kursujących w porze nocnej obejmowała niemal całe os. Akademickie, a prawie w ogóle nie sięgała na os. Westerplatte. Zważywszy na fakt, iż już wówczas drugie z nich było gęściej zabudowane oraz znajdowało się tam więcej ważnych obiektów usługowych, należy ocenić taką sytuację jako niekorzystną (ryc. 4).



Ryc. 4. Strefa o dostępności przestrzennej przystanków autobusowych komunikacji miejskiej w porze nocnej w obszarze badań w 2011 roku

Fig. 4. A zone with spatial accessibility of public transport bus stops at night in the research area in 2011

Źródło: opracowanie własne.

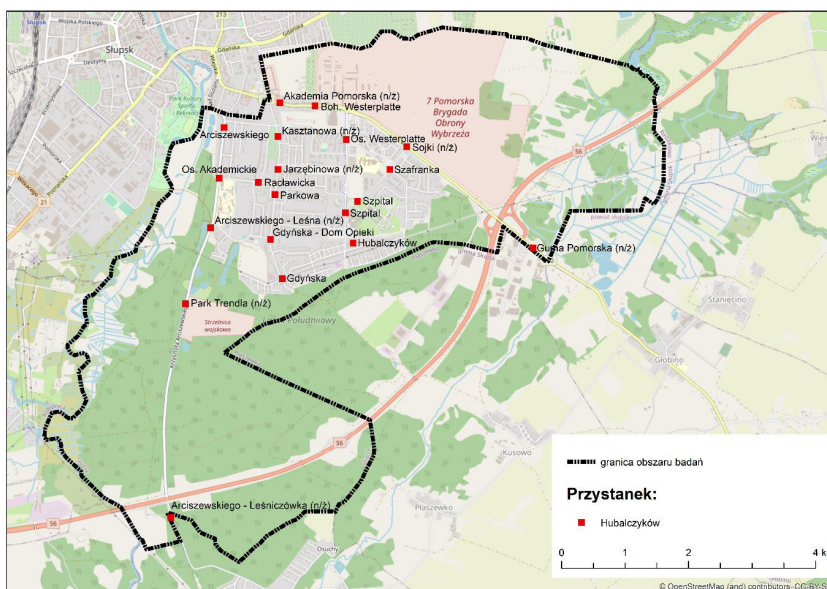
Source: author's own work.

W ciągu dziesięciu lat komunikacja miejska w Słupsku, w tym w obszarze badań, uległa wyraźnej reorganizacji. Dotychczasowe taktory kursowania co 10, 20, 30, 40

oraz 60 minut zracjonalizowano i ustalono na poziomie 15, 30 i 60 minut. Zmiany te oznaczały rozszerzenie oferty w dni powszednie w porze dziennej w przypadku linii nr 15 i 16 (kursy co 15 minut), ubytek dotknął natomiast linie nr 1, 8 i 9 (kursy odpowiednio co 15, 30 i 30 minut). W porze wieczornej nadal obowiązywał standardowo takt trzydziestominutowy, choć z wyłączeniem linii nr 9, kursującej wyraźnie krócej niż w 2011 roku oraz wyłącznie co godzinę od godzin późnopołudniowych. Likwidacja taktu dwudziestominutowego oznaczała przejście na kursowanie linii nr 1, 15 i 16 w soboty w porze dziennej co 30 minut, choć kosztem likwidacji częstotliwości co 40 minut o dodatkowe kursy wzbogaciła się linia nr 9, odjeżdżająca również co 30 minut w tej porze tego dnia. W niedziele i święta takt nie zmienił się w stosunku do sytuacji sprzed dziesięciu lat. W 2016 roku zlikwidowana została linia nr 11, lecz niejako w jej miejsce już w 2014 utworzono linię nr 3, której trasa częściowo pokrywała się z trasą wspomnianej linii nr 11, również w obszarze badań. Była to tak samo linia o charakterze podmiejskim, docierająca do kilku wsi położonych w gminie Słupsk, o nieregularnej częstotliwości kursowania. Rozwój komunikacji miejskiej w Słupsku w ciągu branej pod uwagę dekady objął przede wszystkim os. Westerplatte, do którego obsługi wyznaczono dwie utworzone w 2017 roku linie nr 7 i 14, kursujące wyłącznie w dni powszednie w porze dziennej w takcie trzydziestominutowym. Trasa linii nr 3 jako jedyna przebiegała przez Lasek Południowy (tab. 2). W ciągu dziesięciu lat zmieniła się lokalizacja wielu przystanków, choć zmiany te miały często charakter kosmetyczny (przystanki Gdyńska–Dom Opieki czy Jarzębinowa (n/ż)), podobnie część z nich otrzymała nowe nazwy. Niektóre zmieniły swój charakter ze stałego na warunkowy. Powstało również kilka nowych w takich częściach obszaru badań, do których komunikacja miejska wcześniej nie docierała – w 2011 roku wydłużono przebieg linii nr 8 i 9 do pętli Szpital, w 2014 roku linie nr 15 i 16 zaczęły docierać do przeniesionej na ul. Jodłową, a więc około kilometr dalej, pętli Hubalczyków (ryc. 5). Późniejsze korekty spowodowały wytrasowanie linii nr 7 i 21 ulicami Szafranka i Łady-Cybulskiego. Wszystkie te zmiany tras i pojawienie się nowych linii stanowiły odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie na przewozy we wschodniej i centralnej części os. Westerplatte. Należy dodać, iż utworzenie linii nr 3 pozwoliło na objęcie siecią komunikacji miejskiej Lasku Południowego. W latach 2018–2020 istniała linia nr 13, łącząca osiedla Westerplatte i Akademickie z innymi częściami miasta, kursująca ulicami Jodłową czy Cisową, na których ani wcześniej, ani później autobusy miejskie nie pojawiały się na stałe. W porównaniu z 2011 rokiem, poprawiło się skomunikowanie obszaru badań z osiedlami Nadrzecze i Zachodnim, dokąd wówczas autobusy z tej części miasta bezpośrednio nie docierały – na os. Nadrzecze zaczęła kursować linia nr 7, a na os. Zachodnie – linia nr 15 (oraz nocna nr 21)⁶. Pomimo zmniejszenia częstotliwości kursowania linii nr 1, w porównaniu z sytuacją sprzed dekady pojawiało się

⁶ Rok 2020 był wyraźnym przełomem w kwestii skomunikowania dynamicznie rozwijającego się od kilku lat os. Zachodniego z pozostałymi częściami miasta – do jego południowo-wschodniej części zaczęły dojeżdżać linie nr 4, 15, 21 i 28. Wcześniej nie kursowały tamtędy żadne linie. Dodatkowo przez północną część osiedla przebiegały w 2021 roku trasy linii nr 6 i 19, w jej bezpośrednim sąsiedztwie – nr 2, 8 i 9.

w 2021 roku na niej mniej autobusów przegubowych, co jest wyraźnym potwierdzeniem spadku zapotrzebowania na usługi komunikacji miejskiej na os. Akademickim.



Ryc. 5. – Lokalizacja przystanków autobusowych w obszarze badań wraz z ich nazwami w 2021 roku
Fig. 5. – The location of the bus stops in the research area with their names in 2021

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own work.

Tabela 2.

Podstawowe informacje o przystankach i liniach autobusowych w obszarze badań w odniesieniu do pory dziennej i pory wieczornej w dni powszednie w 2021 roku

Table 2.

Basic information on bus stops and lines in the research area in relation to daytime and evening time on weekdays in 2021

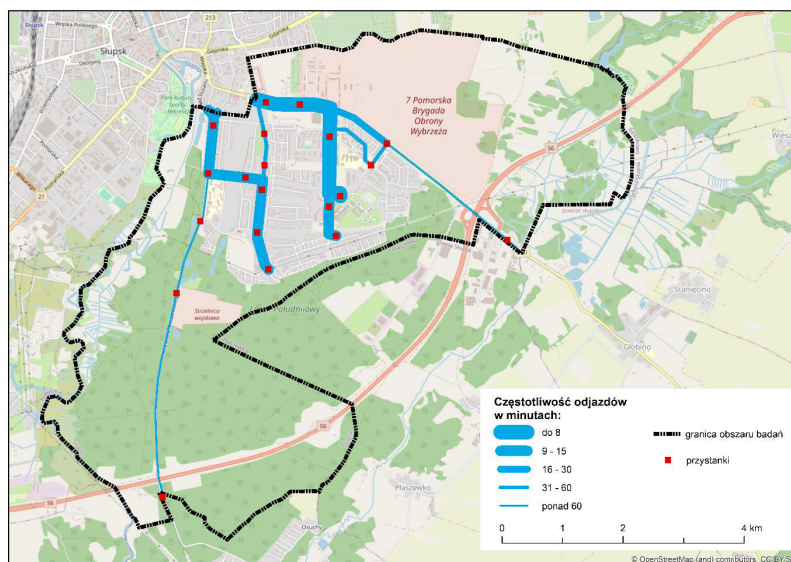
Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Osiedle Westerplatte			
Akademia Pomorska (n/ż)	3*, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	4	10
Boh. Westerplatte	3*, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	4	10
Guma Pomorska (n/ż)	3*	90	1
Os. Westerplatte	7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	4	9
Sojki (n/ż)	3*, 7*	24	1

Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Szafranka	7, 21*	33	1
Szpital	14, 15, 16, 21	6	9
Szpital	7, 8, 9	10	1
Osiedle Akademickie			
Arciszewskiego	1, 3*, 8, 21	9	5
Arciszewskiego – Leśna (n/ż)	3*	103	1
Gdyńska	1, (8)	15	3
Gdyńska–Dom Opieki	1, (8)	15	3
Hubalczyków	7, 8, 9	10	1
Jarzębinowa (n/ż)	8, 21	31	1
Kasztanowa (n/ż)	8, 21	31	1
Os. Akademickie	1, 3*, 8, 21	9	5
Parkowa	1, (8)	15	3
Raławicka	1*, 8*, 21*	10	4
Lasek Południowy			
Arciszewskiego – Leśniczówka (n/ż)	3*	103	1
Park Trendla (n/ż)	3*	103	1

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own work.

W porze dziennej w dni powszednie najwyższa częstotliwość kursowania cechowała ponownie ciąg ulic Boh. Westerplatte–Hubalczyków, choć wyłącznie do przystanku Szpital (gdzie swój bieg kończyły linie nr 14, 15 i 16). Większa liczba linii oraz zmiany częstotliwości kursowania istniejących już dekadę wcześniej przełożyły się na odjazdy średnio co 4 minuty, co należało do jednego z najlepszych wyników na słupskich przystankach. Wyraźnie słabiej niż w 2011 roku wypadło os. Akademickie – na wszystkich obsługiwanych przez komunikację miejską ulicach tej części miasta takt odjazdów zmalał – wyjątkiem była nowa pętla Hubalczyków, z której linie nr 7, 8 i 9 odjeżdżały łącznie średnio co 10 minut, a wcześniej nie kursował tam ani jeden autobus. Znacząco poprawiła się sytuacja w środkowej części os. Westerplatte, dokąd skierowano linię nr 7 ulicami Szafranka, Łady-Cybulskiego oraz Boh. Westerplatte – dziesięć lat wcześniej nie kursowała tamtędy żadna linia (z wyjątkiem przystanku Sojki (n/ż) obsługiwanego przez kursy linii nr 11). W 2021 roku w godzinach 6–18 w dni robocze linie nr 3 i 7 zapewniały łącznie częstotliwość odjazdów co ok. 24 minuty, co sytuowało ten przystanek lepiej niż północną część ul. Gdyńskiej (przystanki Kasztanowa (n/ż) i Jarzębinowa (n/ż)). Poprawiło to również wyraźnie dostępność przestrzenną przystanków komunikacji miejskiej w tej części Słupska. Nieregularność kursów linii nr 3 przełożyła się na stosunkowo iluzoryczne połączenie Lasku Południowego z pozostałymi częściami miasta

(ryc. 6). Zmiany w zakresie częstotliwości odjazdów w poszczególnych częściach obszaru badań w ciągu 10 lat przedstawia ryc. 7.



Ryc. 6. Częstotliwość kursowania transportu zbiorowego w porze dziennej w dni powszednie w obszarze badań w 2021 roku

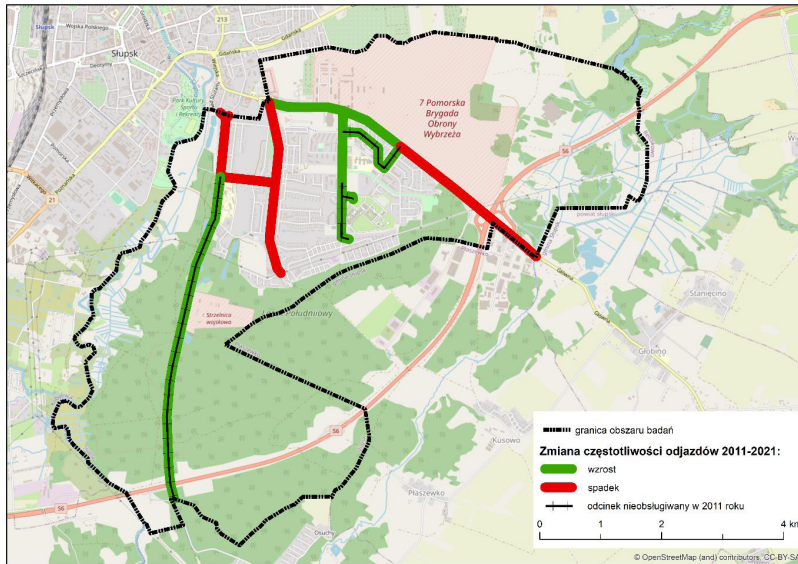
Fig. 6. Daily frequency of public transport on weekdays in the research area in 2021

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Jeszcze większe dysproporcje między osiedlami Akademickim a Westerplatte były widoczne w ofercie przewozowej w dni powszednie w godzinach wieczornych. Podczas gdy na os. Akademickim wykonywanych kursów było o tej porze mniej więcej tyle samo, co w 2011 roku, to w obrębie os. Westerplatte zwiększyła się ona o kilkadziesiąt procent. Odnotować należy fakt, iż w godzinach wieczornych, około godziny 21:00, ul. Arciszewskiego przejeżdżał ostatni w dobie kurs linii nr 3, obsługujący w ten sposób nie tylko os. Akademickie, lecz również Lasek Południowy (tab. 2).

Komunikacja nocna uległa wyraźnej reorganizacji w ciągu dziesięciu lat – w znacznej mierze w celu sprostania zapotrzebowaniu na skomunikowanie os. Westerplatte z pozostałymi częściami miasta. Linia nr 1 straciła charakter całodobowy, którą w tej roli całkowicie wyręczyła linia nr 21 o zmienionej, nie tylko w obszarze badań, trasie. Do 2020 roku, jadąc z centrum miasta, autobus tej linii skręcał z ul. Raławickiej w ul. Gdyńską w prawo, natomiast od 1 września wspomnianego roku skręca w lewo, zmierzając w kierunku ul. Boh. Westerplatte, następnie docierając do pętli Szpital ulicami Łady-Cybulskiego, Szafranka oraz Hubalczyków.



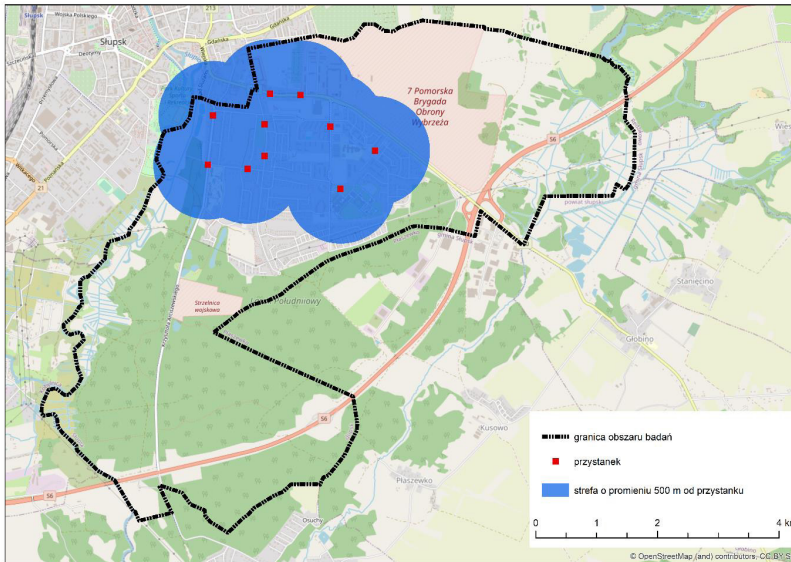
Ryc. 7. Zmiana częstotliwości kursowania transportu zbiorowego w porze dziennej w dni powszednie w obszarze badań w latach 2011–2021

Fig. 7. Change in the frequency of daily public transport on weekdays in the area of research in 2011–2021

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

W przeciwnym kierunku trasa przebiega tak samo, lecz z pominięciem ulic Szafranka i Łady-Cybulskiego. Pozwoliło to na włączenie w sieć kursów nocnych niemal całej zamieszkałej części os. Westerplatte (według wyznaczonej strefy 500 m dojazdu do przystanku), kosztem rezygnacji z obsługi południowych rubieży os. Akademickiego (ryc. 8). W ten sposób całodobowy dostęp do komunikacji miejskiej uzyskał jeden z najważniejszych obiektów w Słupsku, a więc Wojewódzki Szpital Specjalistyczny.



Ryc. 8. Strefa o dostępności przestrzennej przystanków autobusowych komunikacji miejskiej w porze nocnej w obszarze badań w 2021 roku

Fig. 8. A zone with spatial accessibility of public transport bus stops at night in the research area in 2021

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Własne propozycje reorganizacji sieci połączeń w obszarze badań

W obliczu nowych wyzwań stawianych przed miejską polityką w zakresie organizacji przestrzennej transportu publicznego, autor opracowania zdecydował się na zaproponowanie własnych rozwiązań w zakresie obsługi komunikacją miejską obszaru badań, możliwych do wdrożenia w ciągu kolejnych miesięcy (artykuł pisany był wiosną 2021 roku). Postulowane zmiany mają charakter ewolucyjny i uwzględniają one rozwój tych obszarów w ujęciu dwojakim – poprzez budowę nowych ciągów komunikacyjnych, które to inwestycje są przeznaczone do realizacji w najbliższych latach (przedłużenie ul. Łady-Cybulskiego do ul. Hubalczyków oraz ul. Gdyńskiej w kierunku Płaszewka), oraz rozwój funkcji przemysłowej na os. Westerplatte. Zaproponowano również drobne korekty w zakresie częstotliwości wykonywania kursów na liniach, ich tras oraz nazw i lokalizacji przystanków. Część propozycji nawiązuje do rzeczywistych projektów zmian w rozkładach jazdy obwieszczanych przez ZIM oraz założeń strategicznych organizacji słupskiego transportu miejskiego do 2030 roku [Uchwała Rady Miejskiej w Słupsku z 2019 roku...]. Należy bowiem zauważyć, iż projekt przedłużenia ul. Łady-Cybulskiego przewiduje budowę przystanków autobusowych w tej części ulicy, a opinie mieszkańców w raporcie z konsultacji

społecznych dotyczących tej inwestycji, podobnie jak założenia strategiczne rozwoju transportu miejskiego w Słupsku, sugerują wytrasowanie i ułbicą konkretnych linii [Raport z konsultacji społecznych...; PTC Public Transport Consulting 2018]. Zakładana obsługa ulic Inwestycyjnej i Innowacyjnej wybranymi kursami linii nr 1 poprzez przyszły łącznik będący przedłużeniem ul. Gdyńskiej jest natomiast informacją uzyskaną przez autora artykułu w wyniku korespondencji mailowej z ZIM-em. W połączeniu z wdrożeniem kilku innych drobnych korekt w kursowaniu komunikacji miejskiej, w założeniu niebędących wyraźnym obciążeniem finansowym dla miasta oraz będącym w zasięgu możliwości MZK w zakresie sytuacji taborowej, dokonano by optymalizacji siatki połączeń. W obliczu prognoz zakładających spadek przewożonych pasażerów w kolejnych latach, należy bowiem zmierzyć się ze zmniejszonym popytem poprzez próbę jego wykreowania [Uchwała Rady Miejskiej w Słupsku z 2019 roku...]. Należy dodać, iż sugerowane zmiany częściowo wykraczają poza jego granice – gdyż część ulic Nowej Gdyńskiej oraz Inwestycyjnej znajduje się w gminie Słupsk, niemniej jednak należałoby rozważyć włączenie tego terenu (prawobrzeże rzeki Glażnej na wysokości Głobina, Kusowa i Płaszewka) do miasta ze względu na fakt, iż byłaby to sytuacja dużo bardziej pokrywająca się z relacjami funkcjonalno-przestrzennymi.

Poprawę dostępności transportu publicznego na os. Westerplatte zapewniłoby skierowanie części linii z ul. Hubalczyków na ul. Łady-Cybulskiego. Autor opracowania proponuje korektę trasy linii nr 7, aby zmierzała ona w kierunku tej ulicy z pominięciem ul. Szafranka. Spowodowałoby to jej wyraźne skrócenie (o kilkaset metrów) bez znaczących niedogodności dla mieszkańców okolicy przystanku os. Westerplatte, natomiast z zyskiem dla bezpośredniego sąsiedztwa przystanku Szarmacha (nazwanego tak roboczo przez autora – w chwili pisania artykułu nazwa przyszłego przystanku na ul. Łady-Cybulskiego nie była znana). W ten sam sposób należałoby wytrasować linię nr 8, co pozwoliłoby na kursy w taktie co 15 minut ul. Łady-Cybulskiego przez większość dnia. W połączeniu z linią nr 3, na przystanku Sojki (n/ż) (alternatywnie: Łady-Cybulskiego), pozwoliłoby to na częstotliwość odjazdów w godzinach 6–18 wynoszącą mniej niż 15 minut. Linia nr 8 mogłaby również zostać wydłużona na os. Akademickim – zamiast ul. Raclawicką kursować ul. Leśną – co znacząco poprawiłoby skomunikowanie tego osiedla zarówno z os. Westerplatte, jak i pozostałymi częściami Słupska. Co istotne – w przeszłości ul. Leśną kursowały autobusy kilku linii, znajdowała się tam nawet pętla autobusowa, stąd też pewne zdziwienie może wywoływać fakt, iż od kilkunastu lat żaden miejski autobus tamtędy nie przejeżdża. Pogorszeniu ulegałby wówczas oferta na przystanku Raclawicka, choć autor postuluje utworzenie, niejako w ramach rekompensaty, przystanku o tej samej nazwie po drugiej stronie ulicy, w kierunku ul. Gdyńskiej, który z trudnych do uzasadnienia przyczyn nie powstał do 2021 roku. Wówczas należałoby jednak o kilkadziesiąt metrów przesunąć sąsiednie przystanki, aby były one nieco oddalone od przystanku Raclawicka. Sytuację na os. Akademickim mogłoby poprawić również przywrócenie kursowania miejskich autobusów ulicami Jodłową i Cisową, w nawiązaniu do linii nr 13 z lat 2018–2020. Propozycja autora obejmuje skierowanie tymi ulicami,

a następnie ul. Gdyńską, dodatkowych, wariantowych kursów linii nr 9 z pętli Hubalczyków w godzinach szczytu porannego i popołudniowego, wykonywanych z użyciem jednej dodatkowej brygady pojazdów. W celu oszczędności finansowych taki wariant mógłby być realizowany na trasie skróconej do centrum miasta (np. do ul. Grodzkiej), gdzie pasażerowie mogliby liczyć na dogodne przesiadki w innych kierunkach. W obliczu skierowania linii nr 7 i 8 na ul. Łady-Cybulskiego należałoby rozważyć wydłużenie linii nr 14 z pętli Szpital do pętli Hubalczyków, gdyż z tego przystanku na przystanek os. Westerplatte kursowałaby wyłącznie linia nr 9. Przy uwzględnieniu permanentnego niedoboru przepustowości pętli Szpital, skierowanie linii nr 14 na inną pętlę poprawiłoby sytuację [PTC Public Transport Consulting 2018]. Autor postuluje także wydłużenie wybranych kursów linii nr 1 z ul. Gdyńskiej przez Nową Gdyńską, Inwestycyjną oraz Innowacyjną do końca ostatniej z nich. Mogłoby być to po kilka kursów w godzinach porannego i popołudniowego szczytu, dając możliwość dojazdu na pierwszą i drugą zmianę oraz powrót z pierwszej i trzeciej z zakładów pracy. W godzinach wieczornych obsługę przystanków Innowacyjna (n/ż) oraz Inwestycyjna mógłby przejąć dodatkowy kurs linii nr 3, wykonywany około godziny 22:00 (w 2021 roku ostatnie wieczorne połączenie na tej linii było wykonywane godzinę wcześniej), zapewniając dojazd na trzecią zmianę oraz powrót z drugiej. Zaproponowane lokalizacje i nazwy przystanków są nawiązaniem do otoczenia oraz ogólnego stylu nazewnictwa miejsc zatrzymań komunikacji miejskiej w Słupsku (tab. 3, ryc. 9).

Table 3.

Podstawowe informacje o przystankach i liniach autobusowych na terenie badań w stosunku do pory dziennej i wieczornej w dni powszednie w wariantcie alternatywnym

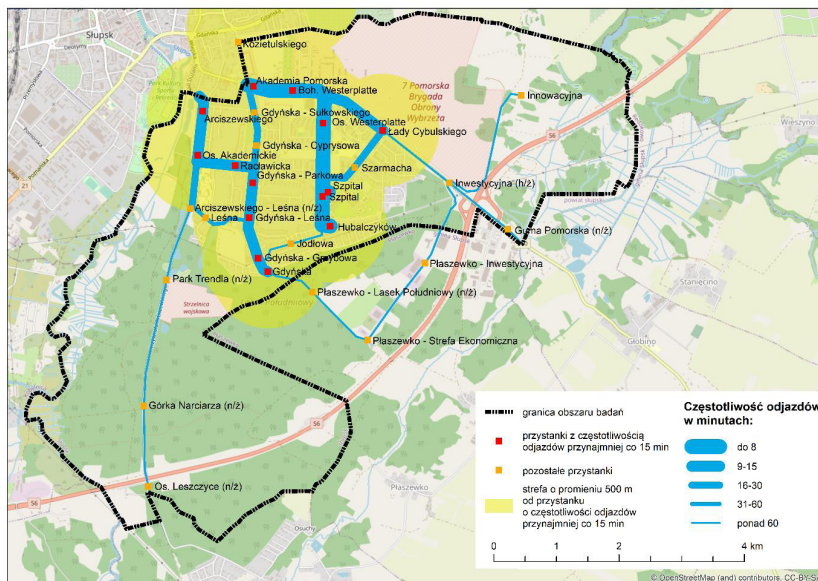
Tabela 3.

Basic information on bus stops and lines in the research area in relation to daytime and evening time on weekdays in an alternative variant

Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Osiedle Westerplatte			
Akademia Pomorska (n/ż)	3*, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	do 8	11
Boh. Westerplatte	3*, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 21	do 8	11
Guma Pomorska (n/ż)	3*	ponad 60	1
Innowacyjna	(1), (3)	ponad 60	0
Inwestycyjna (n/ż)	(1), 3*	31–60	1
Kozietulskiego	9	16–30	2
Łady-Cybulskiego	3*, 7, 8, 21	9–15	1
Os. Westerplatte	9, 14, 15, 16	do 8	10
Szarmacha	7, 8, 21	16–30	0

Przystanek	Linie	Częstotliwość odjazdów w porze dziennej (min)	Liczba kursów w porze wieczornej
Szpital	15, 16	do 8	8
Szpital	7, 8, 9, 14, 21	do 8	2
Osiedle Akademickie			
Arciszewskiego	1, 3*, 8, 21	9–15	6
Arciszewskiego–Leśna (n/ż)	3*	ponad 60	2
Gdyńska	1	9–15	4
Gdyńska–Cypryсова	8, (9), 21	16–30	0
Gdyńska–Dom Opieki	1, 8, (9)	9–15	4
Gdyńska–Grzybowa	1, (9)	9–15	4
Gdyńska–Parkowa	1, 8, (9)	9–15	4
Gdyńska–Sułkowskiego	8, (9), 21	16–30	0
Hubalczyków	7, 8, 9, 14, 21	do 8	2
Jodłowa	(9)	ponad 60	0
Leśna	8	31–60	0
Os. Akademickie	1, 3*, 8, 21	9–15	6
Raławicka	1, 21	9–15	4
Lasek Południowy			
Górka Narciarza (n/ż)	3*	ponad 60	2
Os. Leszczyce (n/ż)	3*	ponad 60	2
Park Trendla (n/ż)	3*	ponad 60	2

Źródło: opracowanie własne.
Source: author's own work.



Ryc. 9. Lokalizacja przystanków autobusowych wraz z ich nazwami, częstotliwość kursowania transportu zbiorowego w porze dziennej w dni powszednie w obszarze badań oraz strefa dostępności przestrzennej przystanków o najlepszej ofercie przewozowej w wariantcie alternatywnym

Fig. 9. The location of bus stops with their names, the frequency of daily public transport on weekdays in the research area and the spatial accessibility zone of the stops with the best transport offer in an alternative variant

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Autor nie postuluje wyraźnych zmian w zakresie komunikacji wieczornej i nocnej, choć jego zdaniem linia nr 21 powinna rozpoczynać kursowanie nieco później i kończyć je wcześniej oraz jeździć w takcie godzinowym, a za późnowieczorną i wczesnoporanną obsługę osiedli Akademickiego i Westerplatte powinny odpowiadać kursujące dłuższej linii nr 1 i 16. Do ok. godz. 22:00 mogłyby funkcjonować również linia nr 15 – wszystkie trzy w takcie półgodzinnym, czyli tym samym, jaki obowiązywał na nich o tej porze w 2021 roku. Tak samo jak w 2021 roku, linia nr 9 mogłyby kursować co godzinę, lecz również do ok. godz. 22:00 (jeszcze kilkanaście lat wcześniej ostatni kurs tej linii zjeżdżał do zajezdni dopiero tuż przed północą). Postulowany dodatkowy kurs linii nr 3 ok. godziny 22:00 poprawiłby sytuację komunikacyjną wszystkich trzech części obszaru badań (tab. 3). Zdaniem autora, przebieg trasy linii nr 21 również mógłby ulec drobnej korekcie – rezygnacja z obsługi przystanku os. Westerplatte w zamian za zmianę trasy na biegnącą całą długością ul. Łady-Cybulskiego oraz przedłużenie jej do pętli Hubalczyków sprawiłoby, iż niemal całe os. Akademickie oraz cała zabudowa mieszkaniowa os. Westerplatte znalazłaby się w promieniu nie więcej niż 500 m odległości od najbliższego przystanku komunikacji miejskiej w porze

i wschodniej części miasta z ominięciem śródmieścia. Z pewnością należałoby rozważyć wariant zmian w organizacji transportu autobusowego w Słupsku pozwalający na wykorzystanie w komunikacji miejskiej nowego połączenia drogowego, choć inwestycja ta nie powstanie z pewnością wcześniej niż w 2023 roku (taki termin zakładają przedstawione w 2021 roku plany budowy wschodniej obwodnicy Słupska oraz obwodnicy Kobylnicy) [Głos Pomorza 2021]. Zdaniem autora, najprostszym do wdrożenia rozwiązaniem byłoby przedłużenie linii nr 28 z os. Nadrzecze, ulicą Rybacką i dalej ringiem, do os. Akademickiego lub os. Westerplatte.

W kategorii rozważań czysto teoretycznych należy umieścić koncepcję reaktywacji w drugim co do wielkości mieście Pomorza Środkowego transportu szynowego – a więc sieci tramwajowej. A. Kołoś i J. Taczanowski nie wskazali co prawda Słupska jako polskiego miasta perspektywicznego pod tym kątem, niemniej jednak w przypadku hipotetycznej inwestycji w ten środek komunikacji, najważniejsza linia w mieście powinna łączyć zachód i wschód miasta przez śródmieście, a więc najważniejsze osiedla lewobrzeżnego i prawobrzeżnego Słupska – os. Zachodnie i/lub os. Niepodległości z os. Westerplatte [Kołoś, Taczanowski 2018]. Ulice Boh. Westerplatte i Hubalczyków posiadają odpowiednie rezerwy terenowe pod torowisko tramwajowe, jest to również część miasta, w której autobusy kursują z bardzo wysoką częstotliwością i mogłyby zostać efektywnie zastąpione przez tramwaje. W przypadku braku dynamicznego rozwoju os. Akademickiego oraz Lasku Południowego w przyszłości (w stosunku do stanu z 2021 roku), lokowanie tam inwestycji w sieć tramwajową należałoby uznać za niezasadne.

Podsumowanie

Sytuacja komunikacyjna osiedli Akademickiego i Westerplatte oraz Lasku Południowego w Słupsku w ciągu badanej dekady uległa licznym zmianom. Ze względu na rozwój przestrzenny os. Westerplatte, znacząco rozwinęła się sieć połączeń w tej części miasta. Osiedle Akademickie odznaczyło się pod tym względem co najwyżej stagnacją, gdyż jest to część przestrzeni miejskiej o ukształtowanym od końca XX wieku charakterze, bez większego potencjału rozwojowego w przyszłości. Lasek Południowy w 2011 roku w ogóle nie był włączony w sieć transportu zbiorowego w Słupsku, natomiast w ciągu dziesięciu lat sytuacja w tej części miasta uległa poprawie. Należy stwierdzić, iż wdrażane przez ZIM Słupsk zmiany w zakresie obsługi komunikacyjnej południowo-wschodniego Słupska idą w parze z rozwojem przestrzennym tej części miasta. W ciągu kolejnych kilku lat planowane są dalsze zmiany tras miejskich autobusów, które mają nadać za dyfuzją przestrzenną procesów urbanizacji na granicy Słupska i strefy podmiejskiej. Autor zaproponował również kilka własnych sugestii – w jego opinii korzystnych dla mieszkańców południowo-wschodniego Słupska oraz osób z zewnątrz posiadających w granicach obszaru badań swój cel podróży.

Bibliografia

- Bartosiewicz B., Wiśniewski S., 2016, *Lokalny transport zbiorowy w Łodzi w świetle badań dostępności*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 19.
- Beim M., Gadziński J., *Dostępność przestrzenna lokalnego transportu publicznego w Poznaniu*, „Transport Miejski i Regionalny”, 05/2009.
- Churski P., 2010, *Pojęcie, funkcje i rozwój transportu publicznego*, Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna.
- Gadziński J., Goras E., 2019, *Jak zmieniła się codzienna ruchliwość mieszkańców polskich miast? 50 lat badań zachowań transportowych ludności w Polsce*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG; 22(4).
- Kołoś A., Taczanowski J., 2018, *Możliwości i dylematy rozwoju miejskiego transportu szynowego w Polsce*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG, 21.
- Kurniewicz A., Swianiewicz P., 2016, *Ból fantomowy czy realna strata? Wpływ utraty statusu stolicy województwa na rozwój gospodarczy i miejsce w hierarchii systemu osadniczego*, Prace i Studia Geograficzne, T. 62, Z. 2.
- Połom M., *Trolejbusy w obsłudze komunikacyjnej Słupska w latach 1985–1999*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, 1–2/2013.
- PTC Public Transport Consulting, 2018, *Sytuacja eksploatacyjna linii komunikacji miejskiej ZIM w Słupsku – na podstawie wyników badań marketingowych z wiosny 2018 r.*, Gdynia–Słupsk.
- Puławska S., Starowicz W., „*Dostępność miejskich systemów transportu zbiorowego*, Transport Miejski i Regionalny, 12/2011.
- Szalewska E., 2002, *Słupsk. Podstawy kształtowania ładunku przestrzennego*, Wydawnictwo Pomorskiej Akademii Pedagogicznej, Słupsk.
- Szymajda M., 2010, *Słupskie tramwaje*, Księży Młyn, Łódź.

Dokumenty i akty prawne

- Raport z konsultacji społecznych, zadanie: *Przebudowa ulicy Łady-Cybulskiego*, Słupsk 2021.
- Uchwała Rady Miejskiej w Słupsku z 2019 roku w sprawie przyjęcia *Planu Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego na lata 2019–2030 dla Miasta Słupska i gmin, które zawarły z Miastem Słupsk porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego*, autor planu: PTC Public Transport Consulting, Gdynia–Słupsk, 2019.
- Uchwała Nr XXX/493/21 Rady Miejskiej w Słupsku z dnia 28 kwietnia 2021 r. w sprawie uchwalenia zmiany studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Słupska.
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. 2011 Nr 5, poz. 13).

Źródła internetowe

- Głos Pomorza, 2020: <https://gp24.pl/w-slupsku-powstaje-nowa-ulica-a-na-jej-koncu-fabryka-wideo/ar/c1-14824842> [dostęp: 30.03.2021].
- Głos Pomorza, 2021: https://gp24.pl/slupski-ring-bedzie-dokonczone-prace-rusza-w-przyszlym-roku-na-poczatek-polaczy-ulice-poznanska-i-bohaterow-westerplatte/ar/c1-15832679?fbclid=IwAR3X_261Uw99CXzI5Cw6TzPu8SwmZaFD3U-N4MIVt0jD1na_MU9xMoq57Nc [dostęp: 18.03.2022].
- Baza Kolejowa, <https://www.bazakolejowa.pl/index.php?dzial=linie&id=76> [dostęp: 30.03.2021].
- Transport Publiczny, https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/slupsk-wybraldostawce-elektrobusow-72834.html?fbclid=IwAR0_uguf1Pbnp20wTsSU7OpnjXSmDpoVW8VVUpGnvKWia5IPNz5WMHDnye8 [dostęp: 19.03.2022].

Summary

The article embraces the issue of the organisation of urban transport in Słupsk in connection with the changes in the local bus network in years 2011–2021, which is related to the diagnostic and descriptive nature of this paper, which is a case study of the situation of public transport in a Polish medium-sized city. The research area was limited to the south-eastern part of the city, which includes three spatial units – the ‘Akademickie’ settlement, the ‘Westerplatte’ settlement and the Southern Wood – separated by the author of this paper on the basis of functional and spatial criteria. As a part of the postulative part, the author also presented his own solutions that could be introduced as a part of corrections regarding the local bus network in the research area. The research has been done basing on the scrutiny of the bus timetables and using the spatial analysis tools, with the reference to the reality of the organization of public transport in Słupsk and the solutions suggested in the literature.

Jola Tomiczková

Szkoła Podstawowa, ul. Frýdecká 452/37, Bludovice, 736 01 Havířov
Czeska Republika
t.jolly@seznam.cz
ORCID: 0000-0001-7214-3244

Artur Zieliński

Instytut Geografii i Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
ul. Uniwersytecka 7, 25-406 Kielce
Polska
artur.zielinski.kielce@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1672-7776

POTENCJAŁ TURYSTYCZNY MIASTA KIELCE

TOURIST POTENTIAL OF THE CITY OF KIELCE

Zarys treści: Turystyka, pomimo zawirowań wywołanych epidemią, nadal jest jedną z ważniejszych gałęzi gospodarki. Miasto Kielce ze względu na swe położenie, walory przyrodnicze i kulturowo-historyczne posiada znaczące atuty turystyczne. W pracy dokonano analizy istniejących atrakcji turystycznych oraz oceny obiektów o największej frekwencji zwiedzających. Łącznie wybrano 15 monitorowanych miejsc. Wyniki badań wskazują, że Kielce są atrakcyjnie turystycznie. W 2019 r. w skali roku biletowane atrakcje turystyczne miasta odwiedziło 311 tys. ludzi.

W czasie epidemii w 2020 r. frekwencja turystyczna obniżyła się o 33% w stosunku do roku 2019. W trzech oddziałach Muzeum Narodowego w Kielcach zaobserwowano spadek frekwencji zwiedzających o 68%, a w czterech obiektach geoturystycznych, w tym zwiedzanych na otwartej przestrzeni, odnotowano łącznie wzrost o 17%. Od 2016 do 2020 roku w tej grupie obiektów odnotowano wzrost udziału zwiedzających do ponad 57% w stosunku do całkowitej liczby osób odwiedzających monitorowane obiekty. Różnorodność kieleckich atrakcji turystycznych, a szczególnie istnienie cennych obiektów przyrodniczych, wyraźnie złagodziło załamanie się turystycznej koniunktury. Stwierdzono, że Kielce nie wykorzystują w pełni swoich turystycznych atutów.

Słowa kluczowe: Kielce, turystyka, potencjał turystyczny, atrakcyjność turystyczna

Key words: Kielce, tourism, tourist potential, tourist attractions

Wstęp

Współcześnie turystyka jest jedną z dynamiczniej rozwijających się gałęzi gospodarki i może generować znaczące dochody [Zieliński i in. 2018]. Miasto Kielce ma turystyczne atuty i predyspozycje, aby jeszcze bardziej wzmocnić swe walory i podnieść swą atrakcyjność [Jastrzębski 2008, Cisło 2013, Paszkowski 2016, Zieliński i Janeczko 2016, Zieliński i Dziarmaga 2017, Bzowski 2019]. Mocną stroną tego ośrodka jest jego lokalizacja i sąsiedztwo Gór Świętokrzyskich, które uznawane są za jedno z najstarszych górotworów w Europie. Nadają one regionowi nazwę, którą jednocześnie podkreślają ogromne dziedzictwo kulturowe oraz tworzą swoisty i niepowtarzalny krajobraz.

Warto podkreślić, że w granicach administracyjnych miasta znajduje się pięć rezerwatów przyrody, które promują wartości geologiczne i górniczą przeszłość miasta. Kielce cechują się interesującym centrum i reprezentacyjną ulicą Henryka Sienkiewicza, która jest jednym z dłuższych deptaków w Polsce.

Cel i metody badań

Celem pracy jest określenie wielkości potencjału turystycznego Kielc, jego reakcji na zawirowania w przestrzeni turystycznej, wywołane epidemią spowodowaną przez COVID-19, zdefiniowanie mocnych i słabych stron miasta oraz dokonanie analizy szans i zagrożeń funkcjonowania turystyki w tym mieście.

Dokonano analizy literatury dotyczącej turystyki w obrębie Kielc. Wiedzę zweryfikowano podczas badań terenowych, wywiadów ze świętokrzyskimi przewodnikami turystycznymi i działaczami Polskiego Towarzystwa Turystyczno-Krajoznawczego.

Następnie przeprowadzono analizę liczby osób zwiedzających największe atrakcje turystyczne w Kielcach w latach 2016–2020. Określono i oceniono frekwencję zwiedzających miasto przed epidemią. Dokonano analizy wpływu epidemii na liczbę odwiedzających.

Dane do studiów otrzymano z Urzędu Marszałkowskiego Województwa Świętokrzyskiego oraz bezpośrednio od instytucji, których liczba zwiedzających była monitorowana. Pozyskany materiał obejmował 15 obiektów. Dziewięć z nich stanowią placówki muzealne, trzy to oddziały Muzeum Narodowego. Cztery miejsca mają charakter przyrodniczy. Pozostałe dwa obiekty są instytucjami o charakterze popularno-edukacyjnym (pokazy, eksperymenty i warsztaty). Wyżej wymienione obiekty stanowią jedynie część miejsc, które cieszą się atrakcyjnością turystyczną. Ustalenie frekwencji w grupie atrakcji nieobjętych monitorowaniem jest trudne do oszacowania. Z drugiej strony sumowanie frekwencji ww. obiektów monitorowanych jest obarczone niełatwym do ustalenia błędem. Trudno zakładać, że każda osoba odwiedziła w Kielcach tylko jeden monitorowany obiekt. Założono, że ww. błędy szacunkowe wzajemnie się niwelują, a dane z 15 kontrolowanych obiektów dają wystarczająco obiektywne wyniki i są wiarygodne do oceny turystycznej przestrzeni Kielc.

W badaniach utożsamiono zwiedzających i turystów, bowiem brak odpowiednich danych uniemożliwił rozdzielenie tych grup.

Turystyczne walory miasta

Kielce to 200-tysięczne miasto wojewódzkie, zlokalizowane w makroregionie Wyżyna Kielecka [Solon i in. 2018], w sąsiedztwie Gór Świętokrzyskich. Jego początki sięgają XI w. Przez kilkaset lat Kielce były prywatnym grodem biskupów krakowskich [Paszkowski 2016], rezydujących w istniejącym do dziś pałacu (obecnie oddział Muzeum Narodowego, Dawny Pałac Biskupów Krakowskich), stąd w Kielcach pojawia się m.in. znacząca liczba cennych kulturowo świątyń.

Dynamiczny rozwój miasto odnotowano w okresie międzywojennym i po II wojnie światowej, głównie dzięki funkcjonowaniu przemysłu wydobywczego surowców mineralnych [Bzowski 2019]. Obecnie są ważnym regionalnym ośrodkiem administracyjnym, naukowym, historycznym i kulturowym.

Interesujący jest układ urbanistyczny centrum miasta z ciekawymi, głównie XIX i XX w. kamienicami. Szczególne znaczenie ma ulica H. Sienkiewicza, która jest jednym z najdłuższych deptaków w Polsce. Urozmaicają ją pomniki, pamiątkowe tablice oraz sąsiedztwo Placu Artystów (fot. 1 i 2).



Fot. 1. Ulica Henryka Sienkiewicza w nocnej scenerii
Photo 1. Henryk Sienkiewicz Street in the night scenery
Źródło: [A. Zieliński 2019].
Source: [A. Zieliński 2019].



Fot. 2. Plac Artystów. Z prawej strony rzeźba dzika, która nawiązuje do legendy o powstaniu miasta. Masczka ochronna na głowie dzika przypominała o obowiązku jej noszenia
Photo 2. Artists' Square. On the right, a boar sculpture referring to the legend of the city's foundation. A protective mask on the boar's head reminded people of the obligation to wear it
Źródło: [J. Tomiczková 2020].
Source: [J. Tomiczková 2020].

Kielce cechują się urozmaiconym krajobrazem, który warunkuje deniwelacja przekraczająca w granicach miasta 150 m. Wartość krajobrazu podnosi też istnienie rozległych terenów zielonych, w tym pięciu rezerwatów przyrody. Niewątpliwie podnoszą one geoturystyczną atrakcyjność. Cztery rezerваты są geologiczne. W Rezerwacie „Wietrznia” im. Z. Rubinowskiego zidentyfikowano kilkadziesiąt gatunków skamieniałości fauny dewońskiej. Rezerwat „Kadzielnia” stanowi jedno z najbardziej znanych i spektakularnych stanowisk krasowych (kras powierzchniowy, podziemny i kopalny), nie tylko regionu świętokrzyskiego. W jego otoczeniu funkcjonuje Podziemna Trasa Turystyczna, powstała z połączenia trzech jaskiń.

Wyjątkowe znaczenie w skali świata ma Rezerwat skalny „Ślichowice” im. J. Czarnockiego, odsłaniający fałdowania skał. W rezerwacie „Biesak-Białogon” objęto ochroną profil skalny, w którym skały starsze kambryjskie zalegają na młodszych ordowickich, co świadczy o kaledońskich ruchach górotwórczych. Istnienie tych rezerwatów w tak bliskiej względem siebie odległości oraz funkcjonowanie Centrum Geoedukacji Geonatura Kielce, a także istnienie Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego z interesującą wystawą okazów geologicznych, nadaje Kielcom wyjątkowego geoturystycznego znaczenia.

Rezerwat krajobrazowy „Karczówka” silnie nawiązuje do osobliwej budowy geologicznej i eksploatacji rud ołowiu (fot. 3). Cechuje się kulturowo cennym pobornardyńskim zespołem klasztornym. Godne uwagi jest m.in. i to, że w mieście znajdują się trzy wyciągi narciarskie.



Fot. 3. Figura św. Barbary wykonana z bryły galeny (siarczek ołowiu) wydobytej u podnóża Wzgórza Karczówki w 1648 r. Rzeźba znajduje się w kościele na Karczówce

Photo 3. The figure of St. Barbara made of a lump of galena (lead sulphide) mined at the foot of the Karczówka Hill in 1648. The sculpture is located in the church on Karczówka

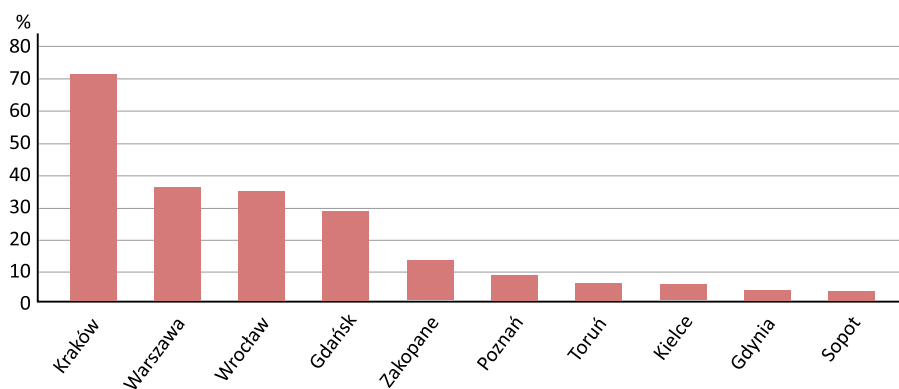
Źródło: [J. Tomiczková 2020].

Source: [J. Tomiczková 2020].

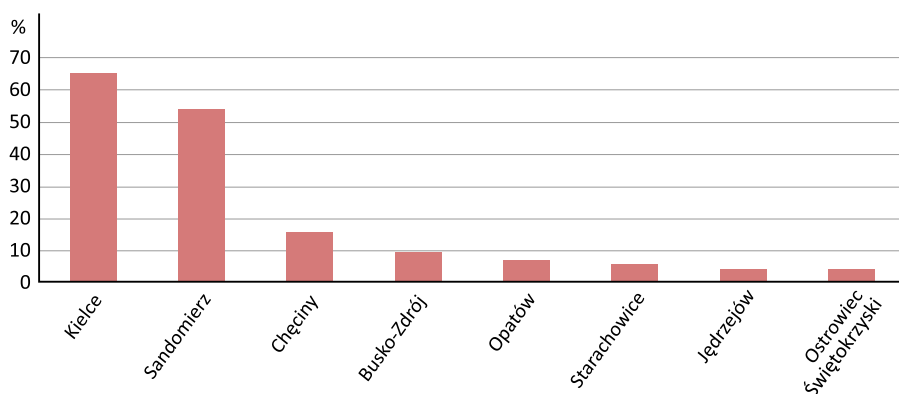
Przez miasto przepływa niewielka rzeka Silnica, z którą wiąże się legenda o powstaniu miasta. Nazwa rzeki fizycznie nie funkcjonuje w miejskiej przestrzeni, brak tablic informacyjnych. Wzdłuż koryta Silnicy wiedzie jeden z atrakcyjnych turystycznie szlaków w mieście. Prowadzi z centrum poprzez park miejski, skwer Szarych Szeregów z galerią rzeźb znanych osobistości (popiersia Gombrowicza, Niemena, Warhola i in.) do kamieniołomu Kadzielnia. Kamieniołom wg Kruczka [2014] ma znaczący potencjał turystyczny. Jest miejscem funkcjonowania Amfiteatru Kadzielnia w wyjątkowej skalnej scenerii oraz przestrzenią, w której zorganizowano wcześniej już wspomnianą podziemną trasę turystyczną. Niewątpliwie miasto kryje jeszcze wiele krasowych tajemnic, których ujawnienie może wzbogacić jego atrakcyjność [Zieliński i in. 2016].

Pod względem atrakcyjności turystycznej polskich miast Kielce plasują się na ósmym miejscu (ryc. 1) i są liderem w regionie świętokrzyskim (ryc. 2). Na wykresach przedstawione wartości udziałów przekraczają 100%, ponieważ badani mogli podać kilka najatrakcyjniejszych miast zarówno w skali Polski, jak i w województwie

świętokrzyskim [Zieliński i Dziarmaga 2017]. Autorzy ci badania przeprowadzali w Kurozwękach, które zlokalizowane są w południowo-wschodniej części województwa świętokrzyskiego, w powiecie staszowskim. Znajduje się tam Zespół Pałacowy, który jest rozpoznawalnym kompleksem turystycznym o ponadregionalnym charakterze. Obiekt ten w skali roku może nawet przyciągać ponad 100 tys. turystów. Ocenę atrakcyjności miast oparto na opinii 2863 osób.



Ryc. 1. Najatrakcyjniejsze turystycznie miasta w Polsce wg Zielińskiego i Dziarmagi
 Fig. 1. The most attractive tourist cities in Poland according to Zieliński and Dziarmaga
 Źródło: [Zieliński, Dziarmaga 2017].
 Source: [Zieliński, Dziarmaga 2017].



Ryc. 2. Najatrakcyjniejsze turystycznie miasta w województwie świętokrzyskim wg Zielińskiego i Dziarmagi [2017].
 Fig. 2. The most attractive cities in terms of tourism in the Świętokrzyskie voivodeship according to Zieliński and Dziarmaga [2017].
 Źródło: [Zieliński, Dziarmaga 2017].
 Source: [Zieliński, Dziarmaga 2017].

Warto nadmienić, że kieleckie biura i agencje turystyczne swą ofertę koncentrują generalnie na podróżach zagranicznych [Zieliński i Wilk 2008].

Wyjątkowe przyrodnicze i kulturowe walory regionu oraz istnienie wokół Kielc ponadregionalnych i różnorodnych atrakcji turystycznych przyciągają rzesze zwiedzających i turystów.

Kielce są dobrze skomunikowane z sąsiednimi wojewódzkimi miastami i stanowią dobrą lokalną bazę wypadową. Uciążliwością dla turystów są odjazdy busów z różnych miejsc w mieście, mimo istnienia nowoczesnego dworca autobusowego (fot. 4).



Fot. 4. Nowoczesny i pod względem formy wyjątkowy dworzec autobusowy w Kielcach

Photo 4. A modern and unique bus station in Kielce in terms of form

Źródło: [A. Zieliński 2020].

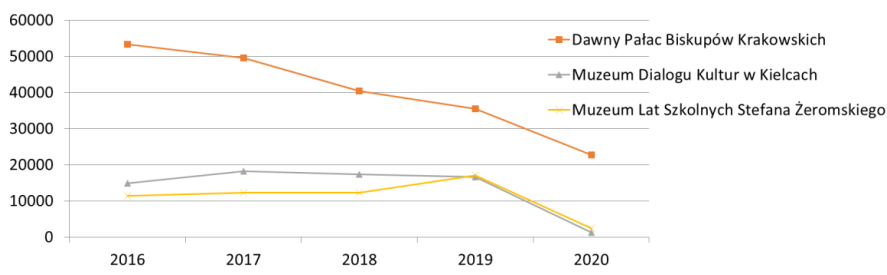
Source: [A. Zieliński 2020].

Niedogodnością dla podróżnych jest brak podziemnego połączenia pomiędzy dworcem autobusowym a dworcem PKP, mimo że zlokalizowane są w bliskim sąsiedztwie. Żaden z dworców nie dysponuje w poczekalniach gniazdkami elektrycznymi, które podróżnym umożliwiałyby doładowanie akumulatorów współczesnych urządzeń elektronicznych.

Ogromnym atutem Kielc jest istnienie w niedalekiej odległości dużej liczby ponadregionalnych atrakcji. Poza Górami Świętokrzyskimi należy wspomnieć o Jaskini Raj wraz z Centrum Neandertalczyka, Zamku Królewskim w Chęcinach, skansenie w Tokarni czy Parku Miniatur w Krajnie-Zagórze itp.

Wyniki badań

Przeprowadzone studia wykazały, że w latach 2016–2020 największą liczbę zwiedzających miał Dawny Pałac Biskupów Krakowskich (Oddział Muzeum Narodowego) – ponad 201 tys. osób. Ten wczesnobarokowy obiekt jest jednym z najwspanialszych i najlepiej zachowanych rezydencji z epoki Wazów. Jego charakter jest unikatowy, a historia ciekawa. W 1816 r. Stanisław Staszic założył tu pierwszą w kraju i siódmą w Europie wyższą uczelnię techniczną – Szkołę Akademiczno-Górnictwa. W rezydencji znajdują się oryginalne wnętrza z zachowanymi polichromiami stropów i ścian [Jastrzębski 2008], bogate zbiory militariów europejskich i unikatowa galeria malarstwa. W otoczeniu pałacu można podziwiać rzadki w Polsce ogród w stylu włoskim. Jest on kopią XVII-wiecznego ogrodu biskupiego [Wojtyś 2011]. Niestety od 2016 roku zmniejsza się liczba osób, które obiekt odwiedzają. Jednakże Dawny Pałac Biskupów Krakowskich nadal pozostaje liderem w porównaniu z dwoma pozostałymi oddziałami Muzeum Narodowego, które zlokalizowane są w Kielcach (ryc. 3).



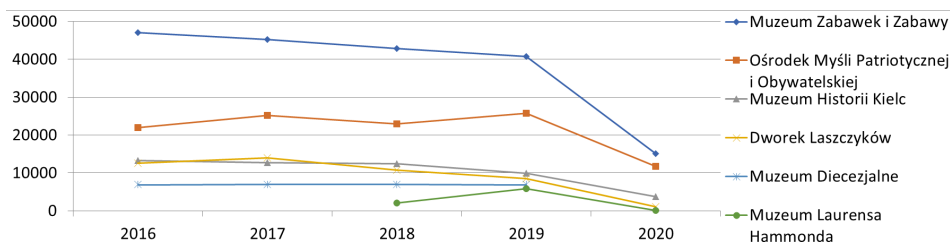
Ryc. 3. Frekwencja zwiedzających w oddziałach Muzeum Narodowego w Kielcach w latach 2016–2020

Fig. 3. Visitor attendance at the branches of the National Museum in Kielce in 2016–2020

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Na drugim miejscu pod względem frekwencji zwiedzających w latach 2016–2020 uplasowało się Muzeum Zabawek i Zabawy w Kielcach (prawie 191 tys.). Jest to największe i najstarsze tego typu muzeum w Polsce. Dysponuje interaktywnymi wystawami. Atutem muzeum są zabawki historyczne. Muzeum posiada największy zbiór zabawek ludowych w Polsce, kolekcję modelarską i lalki z całego świata. Obiekt utrzymywał frekwencję zwiedzających na poziomie ponad 40 tys. w skali roku (ryc. 4). Niestety w 2020 r., w związku z pandemią nastąpił głęboki spadek odwiedzających, aż o 63% w stosunku do 2019 r.



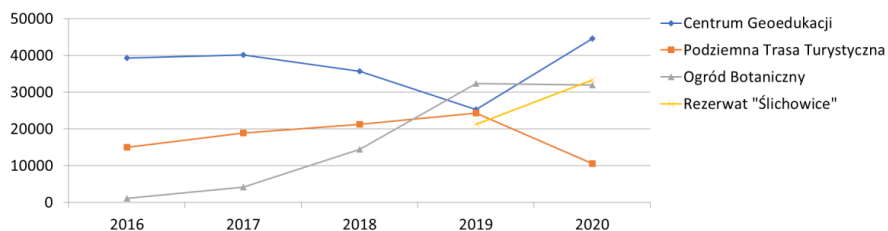
Ryc. 4. Frekwencja zwiedzających w pozostałych obiektach muzealnych w Kielcach w latach 2016–2020

Fig. 4. Visitor attendance at other museums in Kielce in 2016–2020

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Na trzecim miejscu uplasowało się Centrum Geoedukacji w Kielcach (185 tys.), które łączy naukę z zabawą dzięki interaktywnym wystawom (ryc. 5). Można poznać tam dzieje Ziemi, wybrać się podczas 5D seansu w podróż do wnętrza Ziemi czy odbyć edukacyjne warsztaty geologiczne.



Ryc. 5. Frekwencja zwiedzających w obiektach geoturystycznych w Kielcach w latach 2016–2020

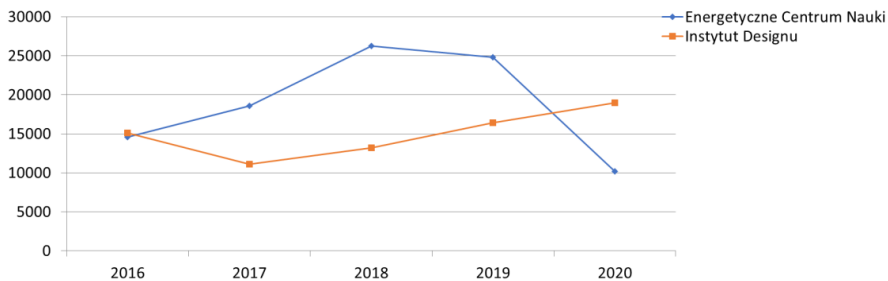
Fig. 5. Visitor attendance at geotourist facilities in Kielce in 2016–2020

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Na czwartej pozycji, z wynikiem prawie 108 tys. zwiedzających w latach 2016–2020, uplasował się Ośrodek Myśli Patriotycznej i Obywatelskiej, który ma szczególny charakter, bowiem mieści się w starym więzieniu kieleckim. Instytucja ta poświęcona jest osobom, szczególnie z regionu świętokrzyskiego, które walczyły o wolność i niepodległość Polski. W 2020 roku spadek liczby zwiedzających nie był tak głęboki, jak w innych muzeach (ryc. 4).

Na piątym miejscu, z liczbą zwiedzających wynoszącą niemalże 95 tys., znalazło się Energetyczne Centrum Nauki, którego celem jest popularyzacja nauki poprzez zabawę i eksperymentowanie, a także organizowanie różnorodnych warsztatów w celu poznawania nowych technologii (ryc. 6).



Ryc. 6. Frekwencja zwiedzających w obiektach o charakterze edukacyjnym (eksperymenty i pokazy) w Kielcach w latach 2016–2020

Fig. 6. Visitor attendance at educational facilities (experiments and shows) in Kielce in 2016–2020

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Na szóstej pozycji znalazła się Podziemna Trasa Turystyczna na Kadzielni, powstała z połączenia trzech niewielkich krasowych jaskiń. W analizowanym czasie obiekt ten odwiedziło prawie 90 tys. ludzi, mimo załamania koniunktury w 2020 r. (ryc. 5). Niewiele mniej zwiedzających, ok. 84 tys., odwiedziło Ogród Botaniczny w Kielcach, który zajmuje w tym rankingu siódme miejsce. Ósmą pozycję ma Instytut Designu (ok. 75 tys. zwiedzających), który jest ośrodkiem nowoczesnego wzornictwa, kształtującym wrażliwość artystyczną zwiedzających. Czas epidemii nie skutkowało zmniejszeniem się frekwencji, jedynie mógł ograniczyć jej wzrost (ryc. 6).

Ponad 68 tys. ludzi w okresie 2016 do 2020 obejrzało Muzeum Dialogu Kultur w Kielcach (Oddział Muzeum Narodowego), co uplasowało ten obiekt na dziewiątej pozycji. Celem stałej ekspozycji tej placówki jest przybliżanie różnorodności kulturowej i możliwości integracji społecznej (ryc. 3).

Pierwszą dziesiątkę najatrakcyjniejszych obiektów w Kielcach zamyka Muzeum Lat Szkolnych Stefana Żeromskiego (55 tys. zwiedzających), które jest oddziałem Muzeum Narodowego. W tej placówce m.in. można zobaczyć jedyny zachowany rękopis wielkiego pisarza (fragment powieści „Wiernej rzeki”).

Na jedenastym miejscu znajduje się Rezerwat skalny „Ślichowice” im. J. Czarnockiego, gdzie w latach 2019 i 2020 odnotowano prawie 55 tys. zwiedzających. Można przypuszczać, że miejsce to może się cieszyć coraz większym zainteresowaniem (ryc. 5).

Rezerwat „Ślichowice” wyprzedza Muzeum Historii Kielc, Dworek Laszczyków (Oddział Muzeum Wsi Kieleckiej) – ostatni drewniany typowo szlachecki dwór, Muzeum Diecezjalne w Kielcach oraz Muzeum Laurensa Hammonda (ryc. 4), które swą działalność rozpoczęło w 2018 roku w Pałacyku Tomasza Zielińskiego.

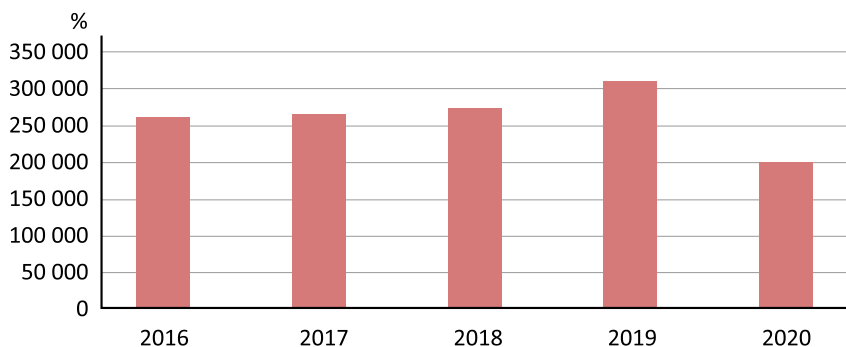
Można w nim m.in. zobaczyć kilkadziesiąt organów Hammonda i zegary.

Przedstawiony powyżej ranking frekwencji monitorowanych obiektów wskazuje, że cieszą się one zróżnicowaną atrakcyjnością. Opisywane obiekty różnicuje wiele czynników mających wpływ na frekwencję, np. godziny otwarcia, limity wielkości grup, czas zwiedzania, wysokość cen biletów itp.

Warto zauważyć, że znaczącą atrakcyjnością cieszą się łącznie trzy oddziały Muzeum Narodowego w Kielcach (ryc. 3). Niestety liczba zwiedzających w 2020 roku obniżyła się aż o 68% w stosunku do 2019 r. W tym czasie zwiększyła się o 17% liczba odwiedzających atrakcje geoturystyczne (ryc. 5). Nie bez znaczenia jest fakt, że Centrum Geoedukacji w Kielcach można zwiedzać bezpłatnie.

Dyskusja i wnioski

Kielce, dzięki swej lokalizacji w sąsiedztwie Gór Świętokrzyskich, otoczeniu wieloma atrakcjami o ponadregionalnym znaczeniu, a także dzięki własnym różnorodnym walorom kulturowym i przyrodniczym, są miastem turystycznym. W latach 2016–2019 odnotowywano stały wzrost liczby zwiedzających kieleckie atrakcje (ryc. 7). Ośrodek ten wyraźnie dominuje w regionie świętokrzyskim i ma zauważalne znaczenie w skali Polski. Niestety w 2020 roku liczba zwiedzających zmniejszyła się o 33% w stosunku do 2019 r. Spadek frekwencji nie był tak głęboki, bowiem obiekty o charakterze geoturystycznym odnotowały w tym czasie wzrost zwiedzających o 17%. Warto zauważyć, że w 2016 r. obiekty geoturystyczne miały ok. 21%, w roku 2019 powyżej 33%, a w 2020 już 57% udziału pod względem frekwencji wśród monitorowanych obiektów w Kielcach. Wzrost ten mógł być spowodowany potrzebą odreagowania społeczeństwa po przymusowej izolacji w trakcie pandemii. Na terenie obiektów geoturystycznych covidowe przepisy miały łagodniejszą formę. W latach 2016–2020 odnotowano także wzrost udziału zwiedzających instytucje o charakterze edukacyjnym w formie pokazu, eksperymentu i warsztatów. Obiekty te w 2016 r. miały 11%, a w 2020 r. miały już prawie 15% udziału zwiedzających.



Ryc. 7. Liczba zwiedzających monitorowane atrakcje turystyczne w Kielcach w latach 2016–2020

Fig. 7. Number of visitors to the monitored tourist attractions in Kielce in 2016–2020

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Na turystyczne postrzeganie Kielc korzystnie wpływa funkcjonowanie Targów Kielce, które są wiceliderem polskiego rynku targowego. Rocznie organizują ok. 70 imprez targowych, które może w skali roku odwiedzić prawie 300 tys. ludzi [Raus 2020]. Z tego powodu rozwinęła się w Kielcach turystyka biznesowa, a jej konsekwencją jest rozwój bazy noclegowej i wyraźna poprawa jej standardu. Zdaniem Raus [2020] w 2018 roku w Kielcach funkcjonowało 5 hoteli o kategorii **** i 9 hoteli o kategorii ***. W 2021 roku w Kielcach było już 6 hoteli o kategorii ****.Przeprowadzone studia stwarzają możliwość dokonania oceny turystycznej przestrzeni Kielc przez analizę SWOT (Strengths, Weaknesse, Opportunities, Threats) (tab. 1).

Tabela 1.

Analiza SWOT oceny atrakcyjności miasta Kielce

Table 1.

SWOT analysis of the attractiveness of the city of Kielce

Mocne strony	Słabe strony
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokalizacja w atrakcyjnym turystycznie regionie i bliskie sąsiedztwo Gór Świętokrzyskich. 2. Silne kojarzenie miasta z regionem. 3. Istnienie w otoczeniu miasta licznych atrakcji turystycznych o ponadregionalnym znaczeniu. 4. Pięć rezerwatów przyrody w mieście. 5. Obiekty geoturystyczne. 6. Funkcjonowanie Targów Kielce. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Brak infrastruktury sanitarnej przy głównym parkingu przeznaczonym dla autokarów. 2. Niewykorzystywanie atrakcyjności Amfiteatru Kadzielnia w ruchu turystycznym. 3. Niedostatek parkingów i tablic informacyjnych. 4. Nieumiejętność wykorzystywania i ekspozowania walorów miasta, np. materializacja legend, likwidacja atrap turystycznych (np. pompa wodna na Rynku z wodą niezdatną do picia). 5. Brak dogodnego połączenia pieszego pomiędzy dworcem PKP a dworcem autobusowym.
Szanse	Zagrożenia
<ol style="list-style-type: none"> 1. Wzrost zainteresowania geoturystyką i geologią. 2. Poprawa łączności komunikacyjnej w Kielcach (np. wszystkie odjazdy nie z różnych miejsc, tylko z dworca autobusowego). 3. Stałe podnoszenie estetyki, poziomu atrakcji i udogodnień dla turystów). 4. Wzmocnienie reklamy, promocji i tablic informacyjnych. 5. Stworzenie nowych atrakcji, zwiększanie atrakcyjności istniejących obiektów, szczególnie rezerwatów (np. tworzenie wiszących kładek, tarasów widokowych ze szklaną podłogą itp.). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. COVID-19 i jego negatywny wpływ na społeczeństwo. 2. Wysokie i stale wzrastające koszty korzystania z atrakcji i infrastruktury turystycznej. 3. Konieczność kosztownych inwestycji, modernizacji (np. budowa tunelu pomiędzy dworcami). 4. Wzrost trudności komunikacyjnych w mieście.

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Z opracowania (tab. 1) wynika, że Kielce posiadają wiele walorów, których ranga może być z sukcesem wzmacniana, co korzystnie może wpłynąć na turystyczną koniunkturę miasta i jego postrzeganie jako przyjaznego dla turystów ośrodka turystycznego.

Bibliografia

- Bzowski K., 2019, *Przewodnik. Góry Świętokrzyskie, Kielce i Sandomierz*, Wyd. Helion, s. 208.
- Cisło Ł., 2013, *Kieleckie rezerwy przyrody oraz ocena ich atrakcyjności regionalnej*, Wyd. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, s. 1–14.
- Jastrzębski C., 2008, *Na Szlaku Świętokrzyskiej Przygody, Wycieczki szkolne po Kielcach i okolicy w klasach IV–VI*, Kielce, Wyd. Jedność, s. 296.
- Kruczek Z., 2014, *Frekwencja w atrakcjach turystycznych*, Polska Organizacja Turystyczna.
- Paszkowski M., 2016, *Kielce. Niezwykłe miejsca. Przewodnik turystyczny*, Kielce, Wyd. GLOB-TOUR, s. 96.
- Raus J., 2020, *Możliwości rozwoju turystyki w Kielcach*, [w:] „Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego UJK”, J. Krywult (red.). T. 29, cz. 2, s. 95–108.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski Sł., Ziaja W., 2018, *Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data*, Geographia Polonica, Volume 91, Issue 2, s. 143–170.
- Wojtyś P., 2011, *Z sercem w plecaku, czyli wędrówki po drogach i bezdrożach Ziemi Świętokrzyskiej i Sandomierskiej. Góry Świętokrzyskie wokół pasma głównego Żeromszczyzna*, wyd. I. Kielce, Wyd. Graftur, s. 384.
- Zieliński A., Dziarmaga D., 2017, *Atrakcyjność turystyczna miast w opinii turystów*, Turystyka w badaniach geograficznych. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Turystyki i Języków Obcych, Warszawa, Seria Turystyka i Rekreacja, s. 131–140.
- Zieliński A., Łyskowski M., Mazurkiewicz E., 2016, *Ground Penetrating Radar investigation of limestone karst phenomena in the Botanical Garden in Kielce*, Geology, Geophysics & Environment, AGH University of Science and Technology, T. 42(1), Kraków, s. 31–38.
- Zieliński A., Janeczko K., 2016, *Największe atrakcje turystyczne w województwie świętokrzyskim w opinii turystów*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Ekonomiczne Problemy Turystyki nr 2(34), Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, s. 297–307.
- Zieliński A., Tomiczková J., Shcherba V., 2018, *Touristic attractiveness of continents and countries in the opinion of Polish tourists*, Ekonomiczne Problemy Turystyki, nr 3/2018, s. 51–58.
- Zieliński A., Wilk A., 2008, *Rola kieleckich biur podróży w kreowaniu turystyki w regionie świętokrzyskim. Konferencja Naukowa pt.: „Rola pośredników w procesie dystrybucji produktów turystycznych na regionalnym i globalnym rynku turystycznym”*, Szczecin, Wyd. PPH Zapol Dmochowski Sobczyk Spółka Jawna, s. 46–54.

Summary

Despite the turmoil caused by the epidemic, tourism is still one of the most important branches of the economy. The city of Kielce, due to its location, natural and cultural and historical values, has significant tourist advantages. The study analyzes the existing tourist attractions and assesses the objects with the highest visitor attendance. A total of 15 monitored sites were selected. The research results indicate that Kielce is attractive for tourists. In 2019, annually ticketed tourist attractions were visited by more than three hundred ten thousand people. During the epidemic in 2020, tourist attendance decreased by 33% compared to 2019. Visitor attendance decreased by 68% in three branches of the National Museum in Kielce, and in four geotourist facilities, including those visiting in the open air, a total increase was recorded by 17%. From 2016 to 2020, this group of facilities saw an increase in the number of visitors to over 57% in relation to the total number of visitors to the monitored facilities. The diversity of Kielce's tourist attractions, and especially the existence of valuable natural sites, significantly mitigated the collapse of the tourist economy. It was found that Kielce is not making full use of its tourist advantages.

Иван Зубкович

Ривненский государственный гуманитарный университет, Ривне

Украина

e-mail: zubkovych11@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0641-2204

Виталий Мартынюк

Ривненский государственный гуманитарный университет, Ривне

Украина

e-mail: vitalii.martyniuk@rshu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8654-3510

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА
МШАНОЕ (ВОЛЫНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ)****THE GEOECOLOGICAL FEATURES AND RESOURCES
POTENTIAL OF SAPROPEL OF MSHANOE LAKE
(VOLYN POLESIE)**

Аннотация: Обосновывается проблема оценки ресурсов озерного сапропеля Украины. Из разведанных 286 месторождений сапропеля в полесских областях Украины на сегодняшний день ведется добыча только на трёх месторождениях. Предлагаемые конструктивно-географические исследования озер должны стать основой разработки региональных ресурсных кадастров и геоэкологических моделей природопользовательского типа конкретных озерно-бассейновых систем (ОБС). Исследования основываются на полевых ландшафтно-лимнологических поисках, проведенных авторами в разные сезоны 2018 года в пределах ОБС оз. Мшаное (Волинское Полесье). Обсуждаются вопросы особенностей геоэкологического состояния и ресурсного потенциала сапропеля оз. Мшаное для целей сбалансированного природопользования ОБС. Представлена картографическая модель пространственно-типологической структуры угодий водосбора озера. По соотношению антропогенно-трансформированных земельных угодий ОБС к эколого-стабилизирующим определены его ранговая категория и геоэкологическое состояние. Создана батиметрическая модель озера и произведены расчеты морфометрических

и гидрологических параметров ОБС. Проанализированы гидрохимические показатели озера и водных масс мелиоративного канала, прилегающего к водосбору. Построен стратиграфический разрез донных отложений озера и приведены основные виды сапропеля. Разработана ландшафтная карта природно-аквального комплекса (ПАК) озера с выделением двух аквальных подурочищ и семи аквальных фаций, а также осуществлена ландшафтометрическая оценка ПАК. Обобщены количественные и качественные геохимические характеристики ресурсов сапропеля. Показаны отличия по ресурсным параметрам двух участков ПАК озера с потенциальной промышленной добычей сапропеля. Рекомендовано рассматривать оз. Мшаное как перспективное для добычи сапропеля. Предложение оправдано с точки зрения осуществления ренатурализации ПАК озера за счет добычи сапропеля и таким образом его углубления и получения органоминеральных удобрений. В случае промышленной разработки по добыче сапропеля дальнейшие исследования должны быть направлены на ведение геоэкологического мониторинга ОБС.

Ключевые слова: озеро, озеро-бассейновая система, природно-аквальный комплекс, геоэкологическое состояние, донные отложения, сапропель, Волынское Полесье

Key words: lake, lake-basin system, natural-aqual complex, geoecological state, sediments, sapropel, Volyn Polesie

Вступление

Важное место в структуре природно-ресурсного потенциала Украины занимают ресурсы озерного сапропеля. По данным Государственного комитета по геологии и использованию недр, запасы сапропеля в Украине на 01.01.2018 г. оценивались в 88305000 т, в том числе по категории А + С₁ – 64094000 т и С₂ – 24211000 т [Минеральные ресурсы ... 2018, с. 97]. Наибольшие запасы ресурсов сапропеля сосредоточены в озерах Украинского Полесья. В полесских областях Украины разведано 286 месторождений сапропеля. Однако разработка по добыче сапропеля в 2017 году велась только на трех озерах. Учитывая значительный ресурсный потенциал сапропеля в Украине актуализируются проблемы конструктивно-географических исследований озерно-бассейновых систем (ОБС) с целью разработки региональных кадастров и геоэкологических моделей природопользовательского типа конкретных ОБС. Такие исследования станут предпосылкой для разработки стратегии сбалансированного природопользования локальных территорий Полесского региона, в том числе территориальных общин, где высокий показатель заозёрности.

Материалы и методы исследования

Проблема изучения ресурсного потенциала озёрного сапропеля лежит в плоскости общей оценки природно-ресурсного потенциала Украины [Руденко 2010] и физико-географических регионов [Руденко и др. 2012], минеральных ресурсов Украины [Сивый и др. 2013], а также непосредственно органико-минеральных ресурсов озер Украины [Шевчук 1996; Ильин 2008а, 2008b; Топачевский 2011; Мартынюк 2017] и др. Сегодня разрабатывается методология и практика исследования горно-промышленных геосистем Западного региона Украины [Иванов 2009; Рудько и др. 2019а, 2019b]. Опыт и методологические подходы вышеуказанных работ по изучению количественного и качественного состава природных ресурсов, его картографического моделирования может послужить основой для исследования ресурсного потенциала сапропеля физико-географических областей, в частности Волынского Полесья, и природных районов конкретных озер. Многолетние исследования озер и ОБС Волынского Полесья, которые ведутся нами предусматривают общую и компонентную оценку природно-ресурсного потенциала озерных водоемов, а также разработку конструктивно-географических моделей природопользования конкретных ОБС [Мартынюк и др. 2018].

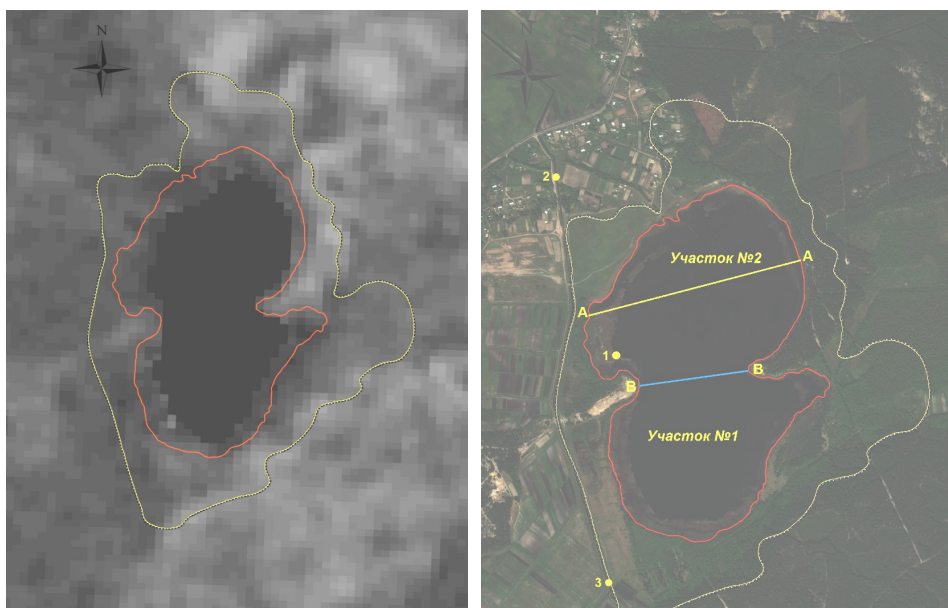
Данное исследование основывается на полевых ландшафтно-лимнологических поисках, проведенных нами в разные сезоны 2018 года в пределах бассейна оз. Мшаное (Волынское Полесье). Методикой исследования послужили работы по комплексным физико-географическим поискам [Беручашвили и др. 1997], почвенно-геохимическому профилированию [Лыко и др. 2019], ландшафтно-лимнологическому моделированию с применением ГИС-технологий [Ковальчук и др. 2015; Зубкович и др. 2019] и геоэкологическому обоснованию проектов природопользования [Гавриленко 2007]. Частично в работе использованы фондовые материалы Киевской геолого-разведывательной экспедиции (Киевской ГРЭ) по поиску сапропеля.

Цель исследования – раскрыть особенности геоэкологического состояния и ресурсного потенциала сапропеля оз. Мшаное для целей сбалансированного природопользования ОБС.

Результаты исследования

Бассейн оз. Мшаное расположен в Верхнеприпятском физико-географическом районе (ФГР) Волынского Полесья, а в административном отношении – на землях Ратновской территориальной общины Ковельского района Волынской области. Водоем приурочен к первой надпойменной террасе р. Припять, которая осложнена песчаными дюнами и валами с черничниково-зеленомоховыми сосновыми лесами.

По результатам полевых исследований, а также использования космических снимков высокого разрешения в программном пакете QGIS нами построена модель водосбора оз. Мшаное. Обоснование границ водосбора озера осуществлялось на основе цифровой модели рельефа, с учетом природно-антропогенных барьеров, перехватывающих поверхностный сток. Территориальная локализация бассейна озера и схема полевых работ показана на рис. 1.



а) конфигурация водосбора озера на цифровой модели рельефа ева (по данным SRTM)

б) водосбор озера на космическом снимке (Landsat 8);
 А-А - линия закладки стратиграфического профиля донных отложений;
 В-В - линия разделения водоема на два участка по особенностям состава и мощности донных отложений;
 1-3 - пункты отбора проб воды на гидрохимический анализ.

Рис. 1. Территориальная локализация бассейна оз. Мшаное

Fig. 1. Territorial localization of the basin of Lake Mshanoe

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

По нашим оценкам, площадь водосбора оз. Мшаное составляет 1,86 км². Восточная часть водосбора ограничена мелиоративным каналом. С северной части озера вытекает канализированный ручей, впадающий в магистральный канал. С северо-западной части водосбора прилегают мелиоративные каналы. Таким образом, мелиоративные системы повлияли на современную конфигурацию водосбора, а также на поверхностный приток вод в водоем. Нами дешифрован космический снимок ОБС и оцифрованы земельные угодья водосбора озера. Построена картографическая модель пространственно-типологической структуры угодий водосбора включает девять типов земельных угодий (рис. 2а).

В структуре земельных угодий водосбора наибольшую площадь (47,13%) занимает сам водоем, более 30% земель составляют леса и лесопокрываемые земли, около 15,5% – луга и необрабатываемые земли. Доля, приходящаяся на другие земли в пределах ОБС незначительна. Более подробно структура земельных угодий приведена на рис. 2б.

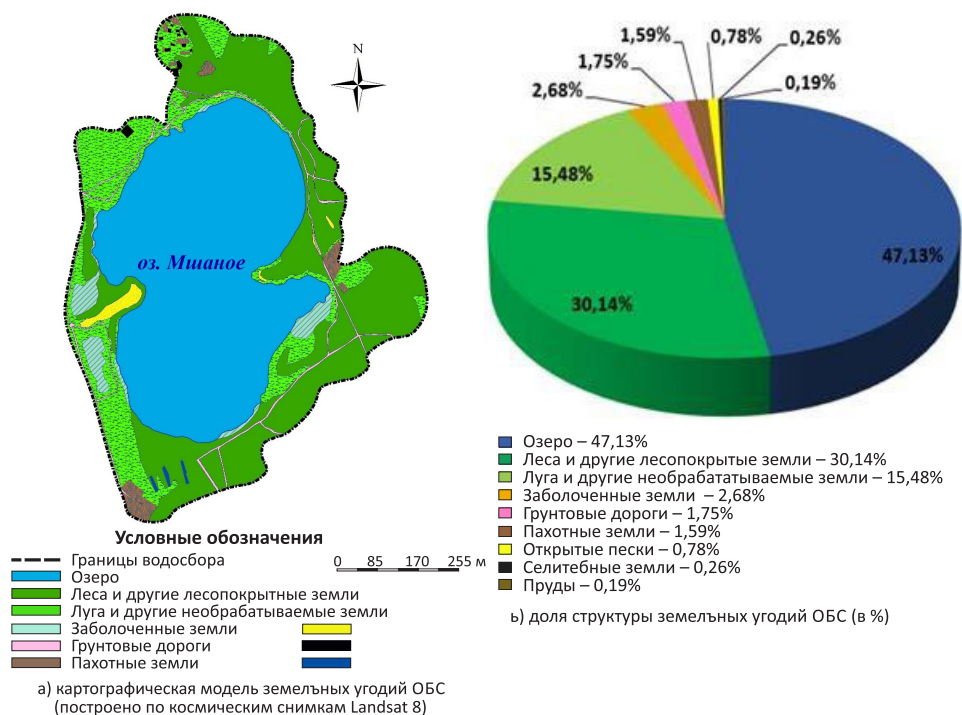


Рис. 2. Модель пространственно-типологической структуры угодий водосбора оз. Мшаное
 Fig. 2. Model of spatial-typological structure of the lands of the watershed of Lake Mshanoe
 Источник: собственные исследования.

Source: own research.

По методике И. Зубковича и др. [2019], с помощью модифицированной шкалы определена степень нарушения геоэкологического равновесия в соотношении антропогенно-трансформированных угодий (АТУ) к эколого-стабилизирующим угодьям (ЭСУ). По критерию соотношения АТУ/ЭСУ водосбор оз. Мшаное характеризуется эталонным геоэкологическим состоянием (относится к 0 типу хозяйственного освоения, поскольку АТУ составляют 3,79%, а ЭСУ – 96,21%).

Следующий этап исследования направлен на познание ландшафтно-лимнологических особенностей природно-аквального комплекса (ПАК) оз. Мшаное и потенциала его органоминеральных ресурсов, в частности сапропеля. По результатам полевых исследований нами построена батиметрическая модель водоема (рис. 3).

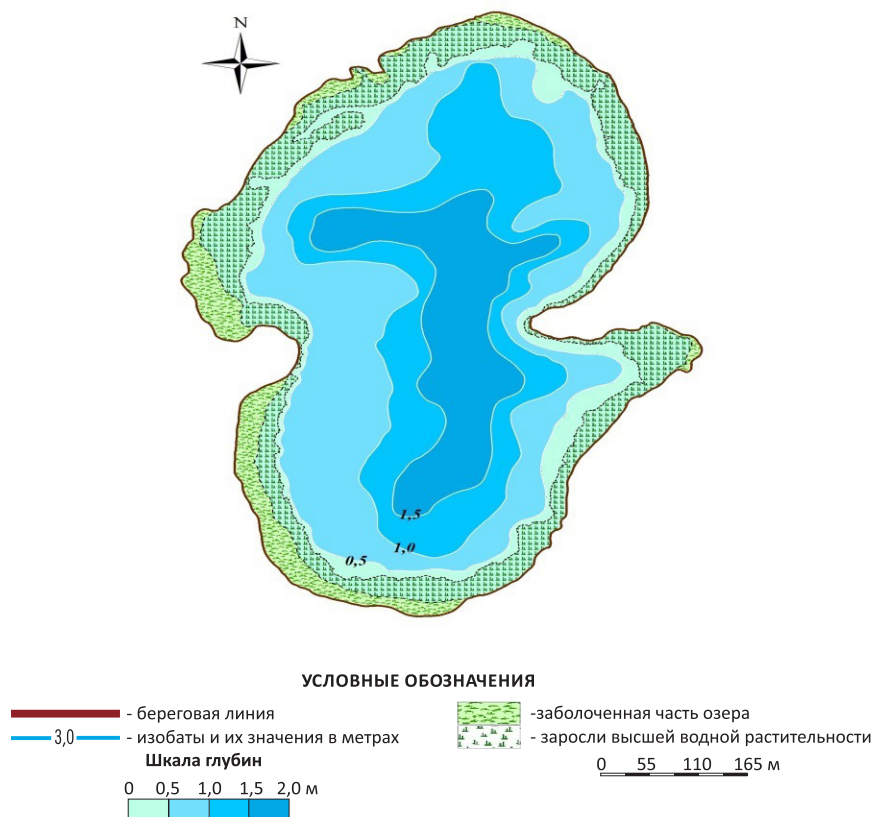


Рис. 3. Батиметрическая модель оз. Мшаное

Fig. 3. Bathymetric model of Lake Mshanoe

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

Озеро неправильной формы, вытянутое с юга на север, сточное. В северо-западной части озера расположена бетонная труба, которая отводит воду из водоема в мелиоративный канал. Площадь водоема составляет 0,88 км². Периферийная часть озера заболочена и покрыта зарослями высшей водной растительности, которые составляют около 25,0% площади ПАК. Площадь оз. Мшаное 0,88 км². Длина озера 1,4 км, ширина максимальная – 0,8 км, а средняя – 0,6 км. Озеро мелководное, максимальная глубина составляет 1,8 м,

средняя – 0,91 м. Основной источник питания озера – атмосферные осадки. Объем водных масс составляет 555,0 тыс. м³. Остальные морфометрические и гидрологические параметры озера приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Морфометрические и гидрологические параметры оз. Мшаное

Table 1.

Morphometric and hydrological parameters of Lake Mshanoe

$*F$, км ²	$H_{\text{абс.}}$, М	$h_{\text{ср.}}$, М	$h_{\text{max.}}$, М	L , км	$B_{\text{max.}}$, км	$B_{\text{ср.}}$, км	ι , км	$K_{\text{изв.}}$	$K_{\text{удл.}}$
$K_{\text{емк.}}$	$K_{\text{откр.}}$	$K_{\text{гл.}}$	$V_{\text{оз.}}$, тыс. м ³	K	ΔS , км ²	$W_{\text{пр.}}$, тыс. м ³	$a_{\text{вод.}}$	$\Delta a_{\text{вод.}}$, мм	$A_{\text{сл.}}$, мм
0,88	154,0	0,91	1,8	1,393	0,825	0,632	4,535	0,770	2,204
0,506	0,967	0,950	555,0	0,473	2,114	234,6	0,423	2,366	298,4

*Площадь (F), абсолютная отметка уровня воды ($H_{\text{абс.}}$), глубина средняя ($h_{\text{ср.}}$) и максимальная ($h_{\text{max.}}$), длина (L), ширина максимальная ($B_{\text{max.}}$) и средняя ($B_{\text{ср.}}$), длина береговой линии (ι), коэффициенты – изрезанности береговой линии ($K_{\text{изв.}}$), удлиненности озера ($K_{\text{удл.}}$), ёмкости ($K_{\text{емк.}}$), открытости ($K_{\text{откр.}}$), глубинности ($K_{\text{гл.}}$), объём озера ($V_{\text{оз.}}$), показатель площади (K), удельный водосбор (ΔS), объём приточных вод с водосбора ($W_{\text{пр.}}$), условный водообмен ($a_{\text{вод.}}$), удельный водообмен ($\Delta a_{\text{вод.}}$), слой аккумуляции воды на поверхность водосбора ($A_{\text{сл.}}$)

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

Гидрохимические особенности оз. Мшаное и прилегающих мелиоративных каналов (МК) показали соответствие ПДК воды по блоку показателей солевого состава. По трофо-сапробиологическим показателям наблюдаем превышение ПДК по азоту аммонийному в 3,84 раза в озере, в 2,1 раза в МК-2 и в 2,6 раза в МК-3. Существенное превышение ПДК по показателю ХПК по БО в воде всех проб наблюдаем в 2,3-2,7 раза, по показателю БПК₅ превышение ПДК в 1,29 (МК-3) и 1,61 (озеро) раза. Незначительные превышения ПДК воды по фосфору фосфатов заметно в мелиоративном канале двух пунктов отбора проб. По показателю растворимого кислорода в воде наблюдаем несоответствие ПДК в МК-2 в 1,7 раза и МК-3 в 1,2 раза. Во всех трех пробах воды наблюдаем превышение ПДК по железу общему в 4,4 раза в озерной воде, в 36,1 раз в МК-2, и в 44,3 раза в МК-3. Такое высокое содержание железа общего в воде мелиоративного канала связано, очевидно, с попаданием железистых соединений из близлежащих ландшафтов, где доминируют тофяно-болотные почвы и торфяники неглубокие осушенные. Подробно гидрохимические характеристики вод озера и канала приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Гидрохимические показатели воды оз. Мшаное
и близлежащих мелиоративных каналов*

Table 2.

Hydrochemical indices of water of Lake Mshanoe
and nearby reclamation canals*

№ з/п	Показатель	Единицы измерения	ПДК**	Озеро-1***	МК-2	МК-3
				Дата отбора проб		
				25.04.2018	25.04.2018	25.04.2018
А. Показатели солевого состава						
1	Сухой остаток	мг/дм ³	<300	150	270	220
2	Хлориды	мг/дм ³	300	5,2	17,34	15,61
3	Сульфаты	мг/дм ³	100	5,28	42,12	54,3
Б. Трофо-сапробиологические показатели						
4	pH	Единицы pH	6,5-8,5	7,2	6,95	6,9
5	Азот аммонийный	мг NH ₄ ⁺ /дм ³	0,5	1,92	1,05	1,30
7	Азот нитритный	мг NO ₂ ⁻ /дм ³	0,08	0,006	0,012	0,017
6	Азот нитратный	мг NO ₃ ⁻ /дм ³	40,0	0,012	0,21	0,37
8	Фосфаты	мг PO ₄ ³⁻ /дм ³	3,5	0,082	0,69	0,85
9	ХПК за БО	мг O ₂ /дм ³	<20	46,51	54,26	46,51
10	БПК ₅	мг O ₂ /дм ³	2,0	3,22	1,77	2,58
11	Фосфор фосфатов	мг P/дм ³	0,2	0,027	0,228	0,28
12	Взвешенные вещества	мг/дм ³	20,0	7,0	14,0	13,0
13	Растворенный кислород	мг/дм ³	>6,0	6,92	3,54	5,15
С. Специфические показатели токсического действия						
14	Железо общее	мг Fe/дм ³	0,1	0,44	3,61	4,43

*По данным Волынской гидрогеолого-мелиоративной партии Волынского областного управления водных ресурсов. **ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [Список... 1999]. ***озеро-1 – пункты отбора проб воды показаны на рис. 1б; МК-2 – мелиоративный канал

Источник: собственные исследования.

Source: according to the materials of Kiev GEE.

Донные отложения озера представлены в основном сапропелем, являющимся ценным органоминеральным ресурсом. По материалам Киевской ГРЭ, площадь сапропеля, составляет 64,0 га. Максимальная мощность сапропеля 12,3 м, средняя – 5,99 м. Глубина пелогена достигает 0,3 м. Ресурсы сапропеля представлены органо-глинистым, известняковым, диатомовым, органо-железистым и лимонитовым видами (рис. 4).

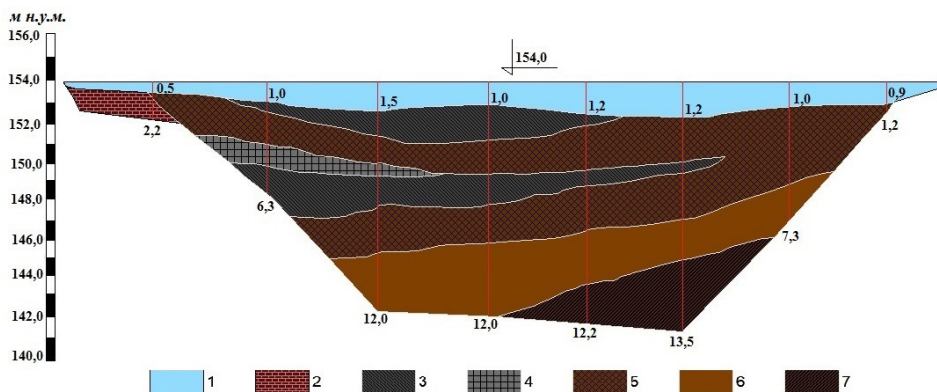


Рис. 4. Стратиграфический разрез донных отложений оз. Мшаное
 Условные обозначения: 1 – вода, 2 – торф; виды сапропеля: 3 – органо-глинистый, 4 – известняковый, 5 – диатомовый; 6 – органо-железистый; 7 – лимонитовый
 Fig. 4. Stratigraphic section of the bottom sediments of Lake Mshanoe

Symbols: 1 – water, 2 – peat; sappropel species: 3 – organic-clay, 4 – limestone, 5 – diatomic; 6 – organic-ferrous; 7 – limonite

Источник: собственные исследования.

Source: according to the materials of Kiev GEE.

Периферийная часть озера в некоторых местах составлена залежами торфа. Седиментационные процессы в данном озере на различных хронологических этапах его развития были неоднородными. Объяснение этому лежит в палеогеографической плоскости, в частности глобальных потеплений или глобальных похолоданий климата, а также активизацией на определенных этапах развития озера эрозионных процессов в пределах водосбора. Существенное влияние на особенности осадконакопления в озере имели в прошлом и сегодня половодья и паводковые процессы в пределах Верхнеприпятского ФГР. Упомянутые физико-географические процессы в сочетании с лимническими обусловили линзовидное залегание отложений сапропеля.

Обобщённые данные полевых лимнологических изысканий, материалов по составу, мощности и качественным характеристикам донных отложений послужили основой для создания ландшафтнoй карты ПАК оз. Мшаное (рис. 5).

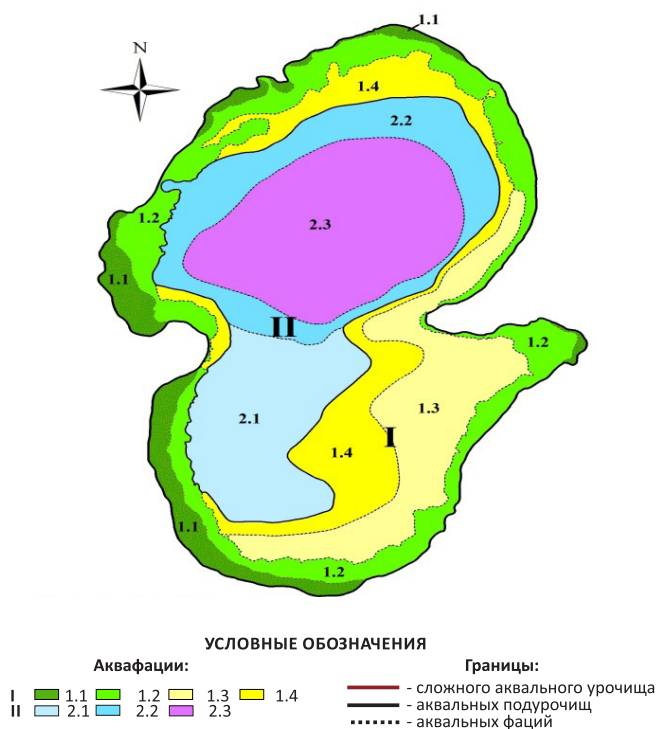


Рис. 5. Модель природно-аквального комплекса оз. Мшаное

Fig. 5. Model of natural-aquatic complex of Lake Mshanoe

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

Легенда к рис. 5

I. Литоральное акваподурочище на торфяно-болотных, песчано-илистых и сапропелевых отложениях, сформировавшихся на аллювиальных песках с видовым разнообразием надводных и подводных макрофитов.

Аквафации:

1.1. Литоральные абразионно-аккумулятивные торфяно-болотные мало-мощные (0,1–0,6 м) осоково-тростниково-аировые, без температурной стратификации. **1.2.** Литоральные аккумулятивно-абразионные торфяные и диатомово-сапропелевые маломощные (0,5–1,8 м) рогозово-сытниковые, без температурной стратификации. **1.3.** Литоральные аккумулятивно-транзитные песчано-илистые и илисто-песчаные маломощные (0,2–0,7 м) осоково-сытниковые, без температурной стратификации. **1.4.** Литоральные транзитно-аккумулятивные диатомово-органоглинисто-сапропелевые маломощные (1,0–2,0 м) элодейно-рдестовые, без температурной стратификации.

II. Литорально-сублиторальное акваподурочище на сапропелевых отложениях, подстилаемых аллювиальными песками с видовым разнообразием надводной и подводной растительности.

Аквафации:

- 2.1.** Литорально-сублиторальные аккумулятивные органо-глинисто-сапропелевые мало-мощные (1,0–3,5 м) роголистниково-рясковые, без температурной стратификации. **2.2.** Литорально-сублиторальные аккумулятивно-транзитные органо-глинисто-диатомово-сапропелевые с линзами известнякового сапропеля среднемощные (3,0–6,0 м) харово-нитчатые, без температурной стратификации. **2.3.** Литорально-сублиторальные аккумулятивные органо-глинисто-диатомово-сапропелевые, подстилаемые органо-железистым и лимонитовым сапропелем мощные (6,0–13,0 м), свободноплавающих водорослей и локальных скоплений кувшинки белой, без температурной стратификации.

Данный ПАК мы рассматриваем как сложное акваурочище, где выделили два акваподурочища, в частности литоральное и литорально-сублиторальное. В литоральном акваподурочище (более 47 га), на основе дифференциации состава, мощности озерных отложений и других факторов, выделяется четыре вида аквафаций (табл. 3).

По литологическому составу здесь представлены песчано-илистые, торфяно-болотные, диатомово-сапропелевые и органо-глинисто-сапропелевые аквафации малой мощности (до 2,0 м). Периферийная часть акваподурочища испытывает интенсивных процессов заболачивания и зарастания высшей водной растительностью. Литорально-сублиторальное акваподурочище (более 40 га) представлено тремя видами аквафаций, где распространены в основном органо-глинисто-диатомово-сапропелевые аквафации мощностью до 12,0 м. Следует отметить, что южная часть ПАК очень мелководная и здесь сапропель маломощный (до 3,0-3,5 м).

Объем озерного сапропеля в промышленных границах (данные Киевской ГРЭ) составляет 1617 тыс. м³. Выход сапропеля 60% влажности с 1,0 м³ составляет 0,245 т/тыс. м³. Общие геологические (балансовые) запасы – 309,0 тыс. т. Забалансовые запасы сапропеля составляют 59,0 тыс. т. Качественные геохимические характеристики сапропеля оз. Мшаное подробно приведены в таблице 4.

Сложность территориального расчленения ПАК оз. Мшаное

Таблица 3.

The complexity of the territorial division of the NAC of Lake Mshanoe

Table 3.

Вид ПАК		Площадь вида ПАК (га)		% площади вида от общей площади		Количество контуров вида фаций в пределах ПАК	% от общего количества	Средняя площадь вида (под-) урочища (га)	Индекс дробности ландшафтных контуров	Индекс ландшафтной сложности	Индекс ландшафтной раздробленности
(Под-) урочище	Фация	(Под-) урочище	Фация	(Под-) урочище	Фация						
I		47,1649		53,73		9	75,00	5,240	0,191	1,718	0,889
	1.1		6,0782		6,92						
	1.2		15,6968		17,88						
	1.3		12,5057		14,25						
	1.4		12,8842		14,68						
II		40,6245		46,27		3	25,00	13,540	0,074	0,222	0,667
	2.1		11,5795		13,19						
	2.2		17,2857		19,69						
	2.3		11,7593		13,39						
Усього		87,7894	87,7894	100,00	100,00	12	100,00	7,320	0,137	1,639	0,170

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

Таблица 4.

Количественные и качественные геохимические характеристики сапропеля оз. Мшаное*

Table 4.

Quantitative and qualitative geochemical characteristics of the sapropel of Lake Mshanoe*

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Виды сапропеля					Всего в пределах участка №2
			Участок №1	Участок № 2				
				Органо- глинистый	Органо- глинистый	Органо- железистый	Диато- мовый	
1	Площадь сапропеля в промышленных пределах (1,0 м)	га	12,0					27,0
2	Средняя мощность сапропеля в промышленных пределах	м	1,6					5,99
3	Объем сапропеля в промышленных пределах	тыс. м ³	192,0	501,0	437,0	501,0	178,0	1617
4	Выход сапропеля при 60% влажности с 1 м ³	т / тыс. м ³	0,183	0,196	0,247	0,206	0,329	0,245
5	Общие геологические (балансовые) запасы сапропеля	тыс. т	35,0	98,0	108,0	103,0		309,0
6	Забалансовые запасы сапропеля	тыс. т					59,0	59,0
7	Средняя влажность сапропеля	%	92,86	92,40	90,59	92,05	87,73	90,7
8	Средневзвешенная зольность сапропеля	%	39,3	42,05	38,8	43,7	43,0	41,89
9	Содержание оксидов кальция (СаО)	%	3,92	4,36	5,69	1,92	8,39	5,09
10	Содержание оксидов железа (Fe ₂ O ₃)	%	1,76	3,52	7,47	3,39	15,13	7,38

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Виды сапропеля					Всего в пределах участка №2
			Участок №1	Участок № 2				
			Органо- глинистый	Органо- глинистый	Органо- железистый	Диато- мовый	Лимо- нитовый	
11	Содержание оксидов фосфора (P ₂ O ₅)	%	0,19	0,30	0,97	0,40	1,69	0,84
12	Содержание оксидов калия (K ₂ O)	%	0,41	0,33	0,21	0,19	0,10	0,21
13	Содержание оксидов натрия (Na ₂ O)	%	0,16	0,14	0,09	0,09	0,06	0,10
14	Сера общая (S, 50%)	%	1,91	1,71	1,83	1,62	1,72	1,72
15	Азот общий (N, 50%)	%	2,90	3,02	3,30	3,28	2,37	3,10
16	Кислотность (рН солевое) сапропеля	%	6,06	6,05	6,20	5,23	6,80	6,07

*Обобщено по материалам Киевской ГРЭ.

*Source: summarized by materials of Kiev GEE.

Источник: собственные исследования.

Source: own research.

Заключення

Проведений аналіз геоecологического состояния и особенностей ОБС оз. Мшаное, его ландшафтно-ресурсной оценки позволяет нам рекомендовать данный водоем как перспективный для добычи сапропеля. Такой подход является оправданным с точки зрения осуществления ревитализации озера и получения ресурсов для производства органоминеральных удобрений. Как стало известно, сегодня подготовлена проектно-сметная документация ООО «Корнер Озерное» на добычу сапропеля из оз. Мшаное до 2032 года. Проведенные исследования можно рассматривать как «реперными», или такими, когда ОБС еще находится в состоянии равновесия, то есть без вмешательства человека в лимнические процессы. Вызывает обеспокоенность расположение в радиусе 0,8–2,5 км от оз. Мшаное двух гидрологических заказников «Озеро Радожичи» и «Озеро Чистое», связанных подземным питанием с одного водоносного горизонта. Учитывая предстоящие горнодобывающие работы на самом водоеме и технологические процессы производства из сапропеля органоминеральных удобрений в пределах водосбора, необходимо положить начало геоecологического мониторинга ОБС и прилегающих территориальных и аквальных комплексов. Прежде всего, в поле зрения таких наблюдений должна быть динамика уровня режима озер, вод подземных горизонтов и их гидрохимического состояния. Соблюдение экологических и технологических нормативов относительно будущей разработки месторождения сапропеля, а в дальнейшем природообустройства ОБС, соответствует основным принципам сбалансированного природопользования и ренатурализации озер, находящихся на стадии исчезновения.

Литература

- Берущашвили Н.Л., Жучкова В.К., 1997, *Методы комплексных физико-географических исследований. Учебник*. М. : Изд-во МГУ.
- Гавриленко О.П., 2007, *Геоecологичне обґрунтування проектів природокористування* : підручник. Київ : Ніка-Центр.
- Зубкович І., Мартинюк В., Андрійчук С., 2019, *Оцінка геоecологичного стану басейнової системи озера Радожичі із застосуванням геоінформаційних технологій*. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Географічні науки. № 9(393), с. 27–36.
- Іванов Є., 2009, *Геокадастрові дослідження гірничопромислових територій* : монографія. Львів : Вид-й центр ЛНУ ім. І. Франка.
- Льїн Л.В., 2008а, *Лімнок комплекси Українського Полісся* : Монографія : У 2-х т. Т. 1: Просторово-географічні основи дослідження та регіональні закономірності. Луцьк: РВВ «Вежа» Волинського національного університету імені Лесі Українки.
- Льїн Л.В., 2008б, *Лімнок комплекси Українського Полісся* : монографія : У 2-х т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація. Луцьк: РВВ «Вежа» Волинського національного університету імені Лесі Українки.

- Kovalchuk I., Martyniuk V., 2015, *Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine*. Geography and Natural Resources. Vol. 36 (3), 305–312. (DOI) 10.1134/S1875372815030117
- Лико Д.В., Мартинюк В.О., Лико С.М., Портухай О.І., Зубкович І.В., 2019, *Метод ґрунтового-геохімічних катен у дослідженнях водозборів Волинського Полісся*. Монографія. Рівне: Видавець О. Зень.
- Мартинюк В., 2017, *Конструктивно-географічна оцінки ресурсів озерного сапропелю Українського Полісся. Natural resources of border areas under a changing climate. Monography*. Edited by prof. Zb. Osadovsky and prof. M. Nosko. Slupsk-Chernihiv: WNAPS, с. 151–162.
- Мартинюк В.О., Зубкович І.В., Андрійчук С.В., 2018, *Ландшафтно-географічна оцінка ресурсного потенціалу сапропелю озера Любитівське (Волинське Полісся)*. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Вип. 30, с. 91–103.
- Мінеральні ресурси України*, 2018, Київ : ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України».
- Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение*, 1999, М. : Изд-во ВНИРО.
- Руденко В.П., 2010, *Географія природно-ресурсного потенціалу України*. Підручник: У 3-х ч. Чернівці : Чернівецький національний університет.
- Руденко В.П., Руденко С.В., 2012, *Основні напрями, рівні, види та завдання картографічної оцінки природно-ресурсного потенціалу фізико-географічних регіонів України*. Геоінформатика, № 4, с. 61–65.
- Рудько Г.І., Іванов Є.А., Ковальчук І.П., 2019а, *Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України* : монографія. Т. 1. Київ-Чернівці : Букрек.
- Рудько Г.І., Іванов Є.А., Ковальчук І.П., 2019б, *Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України* : монографія. Т. 2. Київ-Чернівці : Букрек.
- Сивий М., Паранько І., Іванов Є., 2013, *Географія мінеральних ресурсів України*: монографія. Львів : Простір М.
- Топачевский И.В., 2011, *Сапропели пресноводных водоемов Украины*. Геология и полезные ископаемые Украины. № 1, с. 66–72.
- Шевчук М.Й., 1996, *Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання*. Луцьк : Надстир'я.

Bibliography

- Beruchashvili N.L., Zhuchkova V.K., 1997, *Metody złożonych badań fizycznych i geograficznych*. Podręcznik. М. : Izd-vo UP w М.
- Gavrilenko O.P., 2007, *Geoekologiczne uzasadnienie projektów zarządzania przyrodą*: podręcznik. Kijów: Nika-Centrum.
- Iwanow E., 2009, *Geokatastralne badania terenów górniczych*: monografia. Lwów: Centrum Wydawnicze LNU I. Franko.

- Ilyin L.V., 2008, *Limnokompleksy ukraińskiego Polesia: Monografia: w 2 tomach. Vol. 1: Przestrzenno-geograficzne podstawy badań i prawa regionalne*. Łuck: RVV „Wieża” Wołyńskiego Uniwersytetu Narodowego im. Lesji Ukrainki.
- Ilyin L.V., 2008, *Limnocomplexes of Ukrainian Polesya: monografia: w 2 tomach. Vol. 2: Cechy regionalne i optymalizacja*. Łuck: RVV „Wieża” Wołyńskiego Uniwersytetu Narodowego im. Lesji Ukrainki.
- Kowalczyk I., Martyniuk V., 2015, *Metodologia i doświadczenia badań krajobrazowo-limnologicznych nad systemami jeziorno-dorzeczowymi Ukrainy*. Geografia i zasoby naturalne. T. 36(3), s. 305–312. (DOI) 10.1134 / S1875372815030117
- Lyko D.V., Martyniuk V.O., Lyko S.M., Portukhai O.I., Zubkovich I.V., 2019, *Metoda glebowo-geochemicznych cewników w badaniach zlewni Polesia Wołyńskiego*. Monografia. Równe: Wydawnictwo O. Zen.
- Martyniuk V., 2017, *Konstruktywno-geograficzna ocena zasobów sapropelu jeziornego ukraińskiego Polesia. Zasoby naturalne obszarów przygranicznych w warunkach zmieniającego się klimatu*. Monografia. Pod redakcją prof. Dz. Osadowskiego i prof. M. Nosko. Słupsk-Czerniów: WNAPS, s. 151–162.
- Martyniuk V.O., Zubkovich I.V., Andriychuk S.V., 2018, *Krajobrazowo-geograficzna ocena potencjału zasobów sapropel Jeziora Lubickiego (Wołyń Polissia). Człowiek i środowisko. Problemy neoekologii*. Wyjście 30, s. 91–103.
- Mineral Resources of Ukraine*, 2018, Kijów : Państwowy Informacyjny Fundusz Geologiczny Ukrainy.
- Wykaz norm połowowych dla maksymalnych dopuszczalnych stężeń (MDS) i przybliżonych bezpiecznych poziomów narażenia (PBPN) substancji szkodliwych dla wód o znaczeniu rybackim*, 1999, Moskwa: Wydawnictwo VNIRO.
- Rudenko V.P., 2010, *Geografia potencjału zasobów naturalnych Ukrainy*. Podręcznik: W trzy częściach. Czerniowiecki Uniwersytet Narodowy.
- Rudenko V.P., Rudenko S.V., 2012, *Główne kierunki, poziomy, rodzaje i zadania kartograficznej oceny potencjału zasobów naturalnych regionów fizyczno-geograficznych Ukrainy*. Geoinformatyka, № 4, s. 61–65.
- Rudko G.I., Iwanow E.A., Kowalczyk I.P., 2019a, *Geosystemy górnicze zachodniego regionu Ukrainy: monografia. Vol. 1*. Kijów-Czerniówce: Bookrek.
- Rudko G.I., Iwanow E.A., Kowalczyk I.P., 2019b, *Geosystemy górnicze zachodniego regionu Ukrainy: monografia. Vol. 2*. Kijów-Czerniówce: Bookrek.
- Syvy M., Paranko I., Iwanow E., 2013, *Geografia zasobów mineralnych Ukrainy: monografia*. Lwów : Przestrzeń M.
- Topachevsky I.V., 2011, *Sapropel zbiorników słodkowodnych Ukrainy*. Geologia i minerały Ukrainy. № 1, s. 66–72.
- Szewczuk M.Y., 1996, *Sapropel Ukrainy: zapasy, jakość i perspektywy użytkowania*. Łuck: Nadstyria.
- Zubkovich I., Martyniuk V., Andriychuk S., 2019, *Ocena stanu geoekologicznego systemu zlewni Jeziora Radożycze z wykorzystaniem technologii geoinformacyjnych*. Biuletyn Naukowy Wschodnioeuropejskiego Uniwersytetu Narodowego im. Łesi Ukrainki. Seria: Nauki geograficzne. № 9(393), s. 27–36.

Summary

The problem of estimation of resources of lake sapropel of Ukraine is being substantiated. Among the 286 explored sapropel deposits in Polesie regions of Ukraine only three deposits are being mined. The structural and geographical researchers of lakes should become the basis for development of regional resource cadasters and geo-ecological models of the nature management type of specific lake-basin systems (LBS). The studies are based on field landscape and limnological searches conducted by the authors during the various seasons of 2018 within the LBS of Mshanoie lake (Volyn Polesie).

The questions of the features of the geo-ecological state and the resource potential of the sapropel of Mshanoie lake for the needs of balanced environmental management of the LBS are being discussed. The cartographic model of the spatial and typological structure of the catchment areas of the lake has been presented. The ratio of anthropogenically-transformed lands of the LBS to the ecological-stabilizing ones its ranking category and geo-ecological status have been determined. The bathymetric model of the lake has been created and the morphometric and hydrological parameters of the LBS have been calculated. The hydrochemical parameters of the lake and the water masses of the reclamation canal adjoining to the catchment have been analyzed. A stratigraphic section of the bottom sediments of the lake has been constructed and the main types of sapropel have been given. A landscape map of the natural-aqual complex (NAC) of the lake has been developed, with the separation of two aqua under tracts and seven aquafacies, as well as a landscape metric assessment of NAC has been performed. The quantitative and qualitative geochemical characteristics of sapropel resources have been generalized. The differences in the resource parameters of two sections of the NAC of the lake with potential industrial extraction of sapropel have been shown.

It is recommended to consider Mshanoie lake as promising for the extraction of sapropel. The proposal is justified in terms of the renaturalization of the NAC of lake due to the extraction of sapropel and thus its deepening and obtaining organic and mineral fertilizers. In the case of industrial development of sapropel mining, further studies should be directed towards geo-environmental monitoring of the LBS.

SPIS TREŚCI

Wacław Florek, Marek Majewski

- Elementy geoturystyczne na Szlaku Piastowskim 5
Geotourism Elements on Piast's Trail

Igor Gopchak, Tetiana Basiuk, Artem Yatsyk, Oleksandr Yatsyk

- Assessment of Anthropogenic Load on the Stokhid River Basin 15
Ocena obciążenia antropogenicznego w dorzeczu rzeki Stokhid

Nurgul Janaliyeva

- Study of the Characteristics of Physical and Chemical Properties
of Soils of the Coastal Zone of The Caspian Sea in the Area of the Suburb
of Aktau 23
Badanie charakterystyki właściwości fizykochemicznych gleb strefy
przybrzeżnej Morza Kaspijskiego na przedmieściach miasta Aktau

Ivan Kirvel, Oleksandr Lukash

- The Vegetation of Channels and Floodplains of Słupia (Poland)
and Strizhen (Ukraine) Rivers in Urbanized Territories 31
Roślinność kanałów i teras zalewowych rzek Słupi (Polska) i Strizhen
(Ukraina) na terenach zurbanizowanych

Saveli Kuzmin, Aliaksei Babko

- Environmental Impact Assessment of the Storages of Obsolete Pesticides
Located in the Belarusian Part of the Zapadnaya Dvina River Basin 41
Ocena oddziaływania na środowisko składowisk przestarzałych
pestycydów znajdujących się w białoruskiej części dorzecza Zapadnaja
Dźwina

Виктор Левкевич, Александр Бузук, Дмитрий Миканович	
Устойчивость верховых откосов и берегов водохранилищ с дефор-мированным железобетонным креплением в условиях развития внутриводоемных течений	55
Stateczność górnych skarp i brzegów zbiorników z odkształconymi łącznikami żelbetowymi w warunkach rozwoju wód śródlądowych	
 Marina V. Luksha, Aliaksei A. Novik	
Features of Synoptic Processes of Winter Thunderstorms on the Territory of the Minsk Region in a Changing Climate	75
Cechy synoptycznych procesów zimowych burz na terytorium Regionu Mińskiego w zmieniającym się klimacie	
 Mariusz Miedziński, Agata Górniak	
Obiekty sportu i rekreacji w Olsztynie i Kołobrzegu ze szczególnym uwzględnieniem Centrum Rekreacyjno-Sportowego „Ukiel” w Olsztynie i Ośrodka Sportu i Rekreacji „Cztery Pory Sportu” w Kołobrzegu	89
Sport and Recreation Facilities in Olsztyn and Kołobrzeg with Particular Attention to the “Ukiel” Recreation and Sports Center in Olsztyn and the “Four Seasons of Sports” Sport and Recreation Center in Kołobrzeg	
 Adam Parol	
Przemiany w ofercie komunikacji miejskiej w południowo-wschodniej części Słupska	105
Changes in an Offer of an Urban Transport Network in the South-Eastern Part of Słupsk	
 Jola Tomiczková, Artur Zieliński	
Potencjał turystyczny miasta Kielce	133
Tourist Potential of the City of Kielce	
 Иван Зубкович, Виталий Мартынюк	
Геоэкологические особенности и ресурсный потенциал сапропеля озера Мшаное (Волинское Полесье)	147
The Geoeological Features and Resources Potential of Sapropel of Mshanoe Lake (Volyn Polesie)	