

Paweł P. ZAGOŹDŻON*

RELIKTY GÓRNICTWA WĘGLA I ICH STAN ZACHOWANIA W WARUNKACH KLIMATU POLARNEGO – LONGYEARBYEN, SVALBARD

Przedstawiono podstawowe informacje geograficzne, geologiczne i historyczne dotyczące Svalbardu (ze szczególnym uwzględnieniem geologii i historii eksploatacji węgla), oraz wyniki studium literaturowego i badań terenowych przeprowadzonych na obszarze doliny Longyeardalen (Zachodni Spitsbergen, Longyearbyen). Badania terenowe objęły penetrację pól górniczych kopalń Gruve 1, 1b, 2, 2b (i pobieżnie 4). Zlokalizowano wloty sztolni oraz pozostałości po sztolniach. Określono przybliżone parametry tych wyrobisk oraz stan ich zachowania i dostępności. Scharakteryzowano pozostałości zabudowań kopalnianych oraz hałdy.

Na obszarze Longyeardalen zlokalizowano 20 sztolni (lub ich pozostałości), położonych zarówno w obrębie zaznaczonych na mapach głównych zespołów kopalnianych, jak i poza nimi – nawet w odległości ponad 500 m. Niemal wszystkie sztolnie głębiono w tym samym poziomie stratygraficznym, odpowiadającym pokładowi Longyear. Jedynie peryferyjna sztolnia w polu Gruve 2b usytuowana jest wyżej – w pokładzie Svarteper. Szczególną uwagę zwrócono na dwa małe wyrobiska położone na N zboczu doliny. Są to prawdopodobnie najstarsze zachowane sztolnie w tym rejonie, nie zmienione późniejszymi robotami górniczymi. Wszystkie zbadane sztolnie są niedostępne. Ich wloty uległy zawaleniu lub zasypaniu materiałem kamiennym w wyniku intensywnych powierzchniowych ruchów masowych albo ich początkowe odcinki są po strop wypełnione zwartym, warstwowanym lodem. Na wlotach kilku sztolni można obserwować specyficzne konstrukcje drewniane, umożliwiające prawdopodobnie korzystanie z wyrobisk zimą, przy zakryciu terenu pokrywą śniegu.

Z wyjątkiem Gruve 1b w rejonie zabudowań kopalnianych brak jest znaczniejszych hałd. Zwały występują natomiast przed wlotami sztolni peryferyjnych. Dwie z hałd, mimo panującej wieloletniej zmarzliny, generują okresowo wypływy o charakterze odcieków kopalnianych.

Kompletny, dobrze zachowany zespół zabudowań kopalnianych oraz szereg elementów wyposażenia górniczego można obserwować jedynie w przypadku Gruve 2b. Zabudowania Gruve 1 zachowane są w stanie szczątkowym, zabudowania pozostałych kopalń są całkowicie zlikwidowane.

1. Wstęp

Prace, których wyniki relacjonowane są w niniejszym artykule, przeprowadzono w sezonie badawczym 2012 r., w ramach I Ekspedycji Politechniki Wrocławskiej na

* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Na Grobli 15, 50-421 Wrocław.

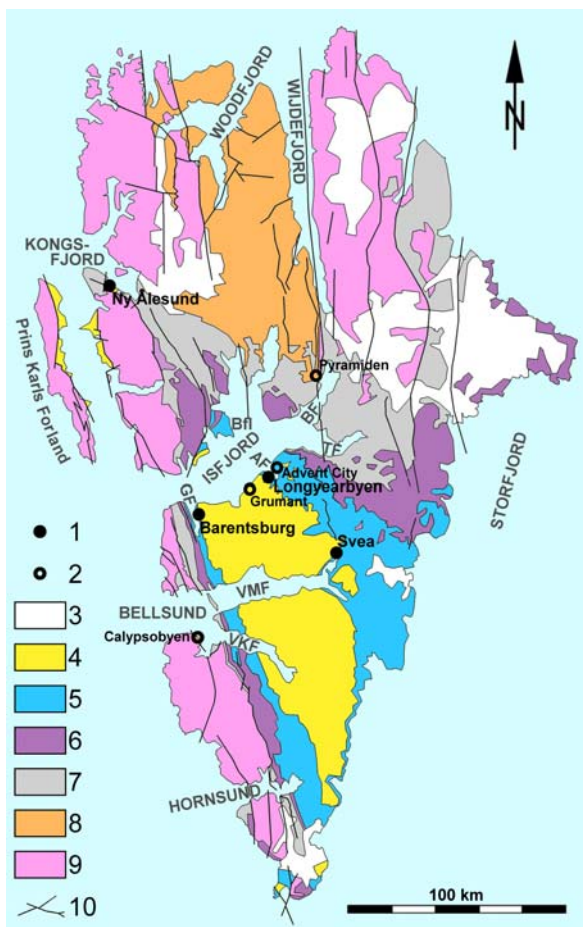
Spitsbergen, zrealizowanej pod kierownictwem prof. Wojciecha Ciężkowskiego, obok głównych celów naukowych, którymi były badania dotyczące zastosowania technik termowizyjnych w warunkach arktycznych, tempa cofania się czoła lodowca Werenskjolda oraz intensywności topnienia lodu w jego morenie czołowej. Zwiad terenowy wykonano (w kopalniach Gruve 1 i 1a – wspólnie z K. Grudzińską) podczas dwóch krótkich pobytów w stolicy Svalbardu – Longyearbyen, w dniach 10–13 oraz 29–31 lipca 2012 r.

Spitsbergen jest miejscem niezwyklej ze względu na wyjątkowość położenia geograficznego (zaledwie 1100–1500 km od bieguna) i klimatu (polarny, lecz wyjątkowo łagodny) oraz wynikające z tego: doskonałą dostępność do badań zjawisk geologicznych i geomorfologicznych (wyjątkowo silnie oddziałujące procesy denudacyjne, szczerbato rozwinięta szata roślinna), bardzo niską gęstość zaludnienia, czy fakt możliwości działania w warunkach dnia polarnego – o dowolnej porze doby. Ponadto wyspa ta jest od przełomu XIX i XX w. obszarem prowadzenia działalności górniczej. Ze względu na wspomnianą egzotykę obszaru celowe wydaje się przedstawienie jego charakterystyki przyrodniczej, politycznej i historycznej.

Svalbard to archipelag o statusie autonomicznego terytorium Norwegii, usytuowany pomiędzy 74 i 81°N oraz 10 i 35°E. Jego powierzchnia wynosi 61 022 km², z czego niemal 62% stanowi wyspa Spitsbergen, w około 58% pokryta lodowcami. Klimat kształtowany jest wpływem ciepłego Prądu Zachodniospitsbergeńskiego (będącego przedłużeniem Prądu Zatokowego). Dzięki niemu temperatury są tu stosunkowo wysokie (śr. temp. lutego –20 °C, lipca: +4 °C, temp. maksymalne sięgają 20 °C), a akweny na południe i zachód od archipelagu przez cały rok są wolne od stałego lodu. Mieszanie się chłodnych suchych oraz cieplejszych wilgotnych mas powietrza powoduje bardzo silne zachmurzenie, pogoda słoneczna panuje średnio zaledwie przez 7 dni w roku. Podstawa pokrywy chmur znajduje się zazwyczaj na wysokości około 200 m, co wywołuje wyjątkowy efekt „spłaszczenia” pola widzenia, przy jednoczesnej doskonałej widoczności (do 100 km) w poziomie. Przez ponad 100 dni w roku panują tu noc (październik – luty) oraz dzień polarny (kwiecień – sierpień). Klimat decyduje o specyfice świata żywego, występują tu nieliczne gatunki doskonale przystosowane do panujących warunków (niedźwiedzie i lisy polarne, renifery, foki, morsy, wiele gatunków ptaków), powierzchnię terenu pokrywa uboga roślinność tundrowa.

Spitsbergen jest wyspą o bardzo silnie rozwiniętej linii brzegowej. Jest to rezultatem obecności licznych fiordów. Najważniejsze z nich otwarte są na zachód. Są to, od południa: Hornsund, Bellsund, dzielący się głębiej na Van Keulenfjord i Van Mijenfjord, najrozleglejszy i najbardziej rozbudowany Isfjord, którego istotnymi dalej częściami będą – na południu Grønfjord i Adventfjord, na wschodzie Tempelfjord i Billefjord, a na północy stosunkowo niewielki Kongsfjord (rys. 1). Na północy występują dwa duże fiordy: Woodfjord i najgłębszy (ponad 100-kilometrowej długości) Wijdefjord, mianem fiordu określany jest też Storfjord, akwen położony na wschodzie – oddzielający Spitsbergen od mniejszych wysp Barentsøya i Edgeøya. Na obszarze

Svalbardu dominuje rzeźba górska (do 1713 m. n.p.m.) z licznymi U-kształtnymi dolinami polodowcowymi. Morfologia terenu kształtowana jest intensywnymi procesami denudacyjnymi (obrywy, lawiny, spływy gruzowe, działalność wód płynących i falowania), występują tu doskonale rozwinięte zjawiska i struktury mrozowe. Ważnym elementem jest występowanie tzw. wiecznej marzłoci (permafrostu).



Rys. 1. Uproszczona mapa geologiczna Spitsbergenu (na podstawie różnych źródeł); 1 – stałe osiedla, 2 – osiedla historyczne, 3 – większe pokrywy lodowe; osady: 4 – paleogeńskie, 5 – jurajskie i kredowe, 6 – triasowe, 7 – karbońskie i permiańskie, 8 – dewońskie, 9 – fundament krystaliczny, 10 – ważniejsze strefy uskokowe; AF – Adventfjord, BF – Billefjord, Bfl – Bohemanflya, GF – Grønfjord, VKF – Van Keulenfjord, VMF – Van Mijenfjord

Fig. 1. Simplified geological map of Spitsbergen (based on different sources); 1 – settlements, 2 – historical settlements, 3 – large ice covers; age of deposits: 4 – Paleogene, 5 – Jurassic and Cretaceous, 6 – Triassic, 7 – Carboniferous and Permian, 8 – Devonian, 9 – crystalline fundaments, 10 – main dislocations; AF – Adventfjord, BF – Billefjord, Bfl – Bohemanflya, GF – Grønfjord, VKF – Van Keulenfjord, VMF – Van Mijenfjord

Od końca XIX w. na Spitsbergenie prowadzona jest działalność górnicza, o której nietypowości decyduje m.in. działanie w warunkach wieloletniej zmarzliny (permafrostu), a więc przy braku zagrożeń wodnych. Ciągłej eksploatacji podlega węgiel, w pierwszych latach ubiegłego stulecia podejmowano też próby wydobywania m.in. gipsu i marmuru. W wielu miejscach zachowane są różne relikty działalności górniczej, najlepszym przykładem jest dolina Adventdalen, a zwłaszcza obszar stolicy Svalbardu – Longyearbyen, z pozostałościami sześciu kopalń węgla i doskonale zachowanymi elementami systemu transportu urobku za pomocą kolejki linowej.

W historii Svalbardu wskazać można kilka okresów wyraźnie różniących się charakterem działalności przebywających tam ludzi. Istnieją podejrzenia, że ląd ten mógł zostać odkryty przez Normanów podejmujących dalekie wyprawy morskie podczas średniowiecznego optimum klimatycznego (X–XII w.). Brak co prawda bezpośrednich tego dowodów, ale w ich źródłach pisanych znajdują się wzmianki o lądzie pomiędzy Rusią a Grenlandią. W „Rocznikach Islandzkich”, pod rokiem 1194r. znajduje się zapis informujący wręcz „Svalbarðs fundr” („Znaleziono Zimny Brzeg”), choć nie jest pewne, że chodziło faktycznie o dzisiejszy Svalbard (Chochorowski, 2008).

Bardzo wcześnie archipelag był penetrowany przez Pomorców, zamieszkujących wybrzeża Morza Białego, przez stulecia podejmujących odważne wyprawy na Morzu Arktycznym w poszukiwaniu dziewiczych terenów łowieckich. Ich obecność potwierdzona jest w pisanych źródłach zachodnioeuropejskich od roku 1697, ale z pewnością bywali tam i wcześniej (Chochorowski, 2008). Czy jednak przed pojawieniem się tam pierwszych statków zachodnioeuropejskich – nawet już pod koniec XV wieku, jak zaciekle dowodzili uczeni radzieccy, a obecnie rosyjscy – nie można jednoznacznie stwierdzić. Pomorcy ląd ten nazywali Grumant lub Grulanda, uznając go za fragment Grenlandii i zniekształcając jej nazwę (Chochorowski, 2008; Harland, 2008; Stange, 2012).

Oficjalnie jako data odkrycia Svalbardu – nazwanego wówczas Spitsbergenem – podawany jest dzień 17 lipca 1596 r., gdy wyprawa dowodzona przez de Rijpa, van Heemskercka i Barentsa ujrzała jego ostre szczyty górskie.

Pierwszy etap intensywnej eksploatacji zasobów archipelagu był związany z rozwojem wielorybnictwa w XVII w. Wyprawa z roku 1607 przyniosła wieść o obecności licznych stad, od roku 1610 lub 1611 rozpoczęto połowy. Ich skala gwałtownie rosła. Początkowo działalność tą prowadziły jednostki angielskie (z biskajskimi harpunnikami) i holenderskie, później również duńskie, francuskie, skandynawskie i niemieckie. W ciągu kilku dziesięcioleci wieloryby w zasadzie wybito, w połowie stulecia aktywność ta zaczęła zamierać. (Chochorowski, 2008; Stange, 2012)

Co najmniej od końca XVII w. polowania przede wszystkim na morsy, ale też niedźwiedzie polarne, bieluchy i in. prowadzili Pomorcy. Działalność ta szczególnie nasiłała się od 2 poł. XVIII w., lecz zamarła po upływie kolejnego stulecia w związku z wytrzebieniem morsów. Od roku 1795 polowania rozpoczęli traperzy norwescy, kon-

centrując się na zwierzynie lądowej: niedźwiedziach i lisach polarnych oraz reniferach. (Chochorowski, 2008)

Od wieku XVII podejmowane były wyprawy badawcze na teren Svalbardu, choć ich nasilenie nastąpiło dopiero w XIX stuleciu. Były one podejmowane przez Brytyjczyków, Niemców, Rosjan, Szwedów (m.in. Otto Torell, Adolf Erik Nordenskjöld). Z północnego Spitsbergenu (Ny Ålesund) rozpoczynał się szereg lotniczych wypraw w kierunku bieguna północnego, jak np. Amundsena–Ellswortha (1925), Byrda i Benнета (1926), czy Amundsena–Ellswortha–Nobilego (1926).

Od końca XIX w. rozpoznawano, dokumentowano i wreszcie eksploatowano złoża węgla Svalbardu. Prawdziwy „boom” górniczy nastąpił w latach ok. 1905–1920. Uspokojenie i ustabilizowanie sytuacji miało miejsce w latach 30. XX w., od kiedy wszelka działalność górnicza prowadzona była wyłącznie przez państwowe przedsiębiorstwa norweskie i rosyjskie (zagadnienia te omówione są w rozdz. 3).

Od przełomu XX i XXI w. Svalbard staje się przede wszystkim przedmiotem zainteresowania turystycznego i geoturystycznego (Gawor & Dolnicki, 2010, 2011).

Prawa do archipelagu rościły Dania, Norwegia, Rosja, Anglia i Holandia. Do początku wieku XX była to jednak formalnie ziemia niczyja. Sytuacja uległa zmianie po zakończeniu I wojny światowej, 9. lutego 1920 r. sygnowano w Wersalu Traktat Spitsbergeński (*Spitsbergen Treaty*), który pięć lat później wszedł w życie. Początkowo jego sygnatariuszami było 14 państw, obecnie – ponad 40. Obszar ten stał się częścią Królestwa Norwegii i objęty został jego administracją oraz prawodawstwem. Postanowienia traktatu gwarantują jednak sygnatariuszom swobodny dostęp i równe prawa, uznano przedtraktatowe prawa własności gruntu i eksploatacji bogactw mineralnych, na podstawie jego ustaleń Norwegia wprowadziła też prawo górnicze (*Treaty between...*, 1920; Harland, 1997; Stange, 2012). W następstwie wejścia porozumienia w życie Norwegia usystematyzowała nazewnictwo dotyczące archipelagu. Od tego momentu nosi on formalnie nazwę Svalbard, zaś Spitsbergen jest jego główną wyspą (Stange, 2012).

2. Geologia Spitsbergenu

Z geotektonicznego punktu widzenia Svalbard stanowi wypiętrzony ponad poziom morza skrajny północno-zachodni fragment skorupy kontynentalnej płyty euroazjatyckiej. Do eocenu stanowił on wewnętrzny element superkontynentu Laurazji, granicząc z dzisiejszą Grenlandią. Od wczesnego trzeciorzędu, w związku z początkiem otwierania się północnego Atlantyku, następowało przemieszczanie Svalbardu względem Grenlandii, wzdłuż strefy tektonicznej De Geer. Ruchy te zachodziły w warunkach transpresyjnych (ruch przesuwczy z kompresją), a ich konsekwencją jest powstanie zachodniospitsbergeńskiego pasa orogenicznego. W oligocenie lądy te oddzieliły się od siebie (Harland, 1997).

W budowie geologicznej Svalbardu wyróżnia się dwa główne piętra strukturalne: krystaliczne, przedewońskie podłoże oraz zróżnicowaną pokrywę osadową. Krystaliczny fundament obejmuje bogaty zespół skał metamorficznych, zróżnicowanych pod względem wieku, określanych jako sukcesja Hecla Hoek. Skały te dominują wzdłuż zachodniego wybrzeża wyspy oraz w jej części północno-wschodniej (rys. 1). Osadowe piętro strukturalne obejmuje skały o wieku od późnodewońskiego do czwartorzędowego, z nielicznymi lukami stratygraficznymi. Poszczególne wydzielienia pogrupowane zostały w jednostki litostratygraficzne w randze warstw, ogniw, formacji, podgrup, grup i supergrup. Profil geologiczno-stratygraficzny Spitsbergenu przedstawiono poniżej głównie w oparciu o monograficzne opracowanie Harlanda (1997).

Supergrupa Zatoki Liefde obejmuje osady o wieku głównie dewońskim, wykształcone w facji oldredu. Występują one przede wszystkim na znacznych powierzchniach północnego Spitsbergenu (rys. 1).

Dalsza sedimentacja związana była z wypełnianiem konsekwentnie rozwijającego się tzw. basenu centralnego, obejmującego środkową i południowo-wschodnią część wyspy (rys. 1). Jego najniższą część stanowi supergrupa Ziemi Bünsowa, obejmująca grupy Billefjorden (najmłodszy dewon i wczesny karbon), Gipsdalen (późny karbon wczesny perm) oraz Tempelfjorden (późnopermska). Wyższa (zalegająca ponad luką stratygraficzną) supergrupa Ziemi Nordenskjölda obejmuje w zasadzie osady mezozoiczne. Jej najniższy człon – grupę Sassedalen – tworzą osady schyłku permu po środkowy trias. Grupa Kapp Toscana powstawała w okresie późnego triasu i wczesnej jury, zaś grupa Adventdalen to osady jury i wczesnej kredy. Kolejna luka stratygraficzna oddziela trzeciorzędową (paleogeńską) grupę Van Mijenfjorden. Jest to jednostka o największej miąższości, sięgającej obecnie 2,5 km, a pierwotnie (przed okresem silnej erozji) – prawdopodobnie 3,5 km. Tworzą ją, od spągu: paleoceńskie formacje Firkanten, Basilika i Grumantbyen oraz eoceńskie Frysjaodden, Hollendardalen (występująca w obrębie poprzedniej) oraz Battfjellet i Aspelintoppen. Izolowana i o niewielkim rozprzestrzenieniu, ale mająca duże znaczenie złożowe subgrupa Ny Ålesund jest ogólnie korelowana z grupą Van Mijenfjorden, odpowiadając prawdopodobnie jej dwóm najstarszym formacjom.

Ponad skałami wymienionych wyżej jednostek zalegają utwory czwartorzędowe: moreny lodowcowe, aluwia, rumosze zboczowe i in. miejscami silnie modyfikowane zjawiskami mrozowymi. Można tu również zaliczyć pokrywy i jęzory lodowcowe.

W obrazie tektonicznym Spitsbergenu dominującymi elementami są zachodniospitsbergeński pas orogeniczny, budowany głównie przez prekambryjskie skały sukcesji Hekla Hoek oraz szeroki, brachysynklinalny basen centralny. Występuje tu szereg dużych uskoków i stref dyslokacyjnych, głównie o przebiegu południkowym, kontrolujących przebieg fiordów północnego Spitsbergenu, z których najważniejsze są uskokowe strefy zachodniospitsbergeńska, Billefjorden i Lomfjorden (rys. 1).

2.1. Złoże węgla

Spitsbergen jest obszarem ciekawym pod względem występowania węgla. Na tym stosunkowo niewielkim obszarze natrafiamy na nagromadzenia tego surowca o bardzo różnorodnym wieku, sposobie występowania czy stopniu uwęglenia.

Jako ciekawostkę podać można, że najstarsze (glonowe) węgle udokumentowane na Spitsbergenie są wieku późnoproterozoicznego (Birkenmajer i in., 1992), Harland (1997) określa prawdopodobny wiek formacji, w której występują na ok. 750 ± 50 mln lat. Te drobne skupienia węgla antracytowych z przejściami do grafitu występują w rejonie Hornsundu, w obrębie serii dolomitycznej (Birkenmajer i in., 1992).

W starszych pracach wzmiankowano późnodewońskie węgle brunatne w rejonie Pyramiden. Nigdy nie podlegały one eksploatacji (por. Harland, 1997).

Wczesnokarbońskie (Missisip wg Harlanda, 1997) węgle środkowego Spitsbergenu (Billefjord – np. Pyramiden, Tempelfjord) występują w obrębie grupy Billefjorden. Trzy pokłady niskiej jakości znajdują się w profilu dolnowizeńskiego ogniwa Hoelbreen. Trzy główne, złożone pokłady należą do górnonamurskiego ogniwa Birger Johnsonfjellet, stanowiącego wyższą część formacji Mumien. Ich łączna miąższość w rejonie Pyramiden sięga 10 m (Gabzdyl, 1994; Harland, 1997). Zasoby węgla karbońskich udokumentowano też w Gipsdalen, jest to jedyny rejon na Spitsbergenie, gdzie istnieją perspektywy wydobycia węgla poniżej poziomu morza (por. Harland, 1997). Namurskie węgle występują ponadto w zachodnim Spitsbergenie (zachodnia część Isfjordu – w zatoce Trygghamna oraz w Bellsundzie), nie mają jednak znaczenia przemysłowego (Gabzdyl, 1994).

Węgle triasowe opisywane są z Edgeøya (południowo-wschodnia wyspa archipelagu; grupa warstw Kapp Toscana, węgiel górnotriasowy) (Gabzdyl, 1994) oraz ze środkowego Spitsbergenu (odosobniony pokład allochtonicznego węgla o miąższości do 0,4 m, który nigdy nie stanowił przedmiotu zainteresowania gospodarczego) (Harland, 1997). Węgle jurajskie wzmiankowano w roku 1905, w późniejszych pracach brak informacji ich temat (Harland, 1997).

Jedyną produktywną jednostką schyłku mezozoiku jest formacja Helvetiafjellet (barrem?) w wyższej części grupy Adventdalen. Te dolnokredowe węgle charakteryzuje wysoki stopień uwęglenia (typ hvb A), będący skutkiem termicznego oddziaływania silli dolerytów (Gabzdyl, 1994), można je określić jako węgiel bitumiczny, czyli brunatny twardy. Jedynym zaś istotnym ich wystąpieniem jest rejon Adventfjordu. W Advent City i Moskushamna eksploatowano 0,9-metrowej miąższości pokład w latach 1904–1908. Wtedy wybrano prawdopodobnie złoże wysokiej jakości, pozostała zaś strefa o niższej miąższości, z wkładkami skały płonnej i wysoką zawartością popiołu, a więc nie mająca znaczenia przemysłowego, mimo podawanych w latach 20. XX wieku zasobów na poziomie 1,5 mld t. W latach 1920–1921 ostatnie próby eksploatacji węgla kredowych podjęto w Bohemanneset (północny Isfjord) (Harland, 1997).

Główne zasoby węgla Spitsbergenu są wieku paleoceńskiego, znajdują się one w najniższej części grupy Van Mijenfjorden, kończącej profil sedymentacyjny basenu centralnego. Wkładki węgla występują w 4 z 6 formacji, ale znaczenie złożowe mają

węgle formacji najstarszej – Firkanten – datowanej na paleocen, występujące w jej najniższej części, w obrębie ogniwa Todalen. Obszar obejmujący złoża Isfjordu (Longyearbyen, Barentsburg) oraz Van Mijenfjordu (Svea) określany jest czasem jako Zagłębie Centralne, ponadto eksploatacja była też prowadzona w Kongsfjordzie (Ny Ålesund) (Gabzdyl, 1994; Harland, 1997). Pod względem jakości węgiel zaliczany jest o typów hvb C do A (Gabzdyl, 1994).

W rejonie Longyearbyen seria złożowa zapada pod kątem 4–6° (lokalnie 12–16°) ku S (Gabzdyl, 1994). W obrębie ogniwa Todalen osiagającego tu miąższość do 70 m, występuje do pięciu pokładów węgla o rozciągłości sięgającej 50 km (Gabzdyl, 1994; Piepjohn i in., 2012). Na 20-metrowym odcinku profilu występują (od spągu) pokłady Svea (1,3 m), Todalen (0,2–0,6 m), Longyear (1,25–1,7 m), Svarteper (0,5 m) oraz Askeladd (1,4 m, o wysokiej zawartości S) (Gabzdyl, 1994; Harland, 1997; Piepjohn i in., 2012). W rejonie Svea pokład o identycznej nazwie osiąga miąższość do 4,87 m.

Na zachodnim brzegu Kongsfjordu eksploatowano pole węglonośne Ny Ålesund. Wyróżniono tu subrupę Ny Ålesund, korelowaną z formacją Firkanten. W jej obrębie, na około 200-metrowym odcinku profilu, występuje 7 lub 8 pokładów węgla o różnym wykształceniu i jakości (pokłady proste i złożone, o zmiennej miąższości, z przerostami skały płonnej). Największe znaczenie gospodarcze miały pokłady Ester, Agnes-Oteli i Josefine o miąższościach rzędu 2–3 m. (Harland, 1997).

Najmłodsze węgle spitsbergeńskie tworzą wkładki (o miąższości do 0,5 m wg Birkenmajera i Gmura, 2010 lub do 0,65 m wg Harlanda, 1997), na obszarze Calypsostranda (Bellsund, rów tektoniczny Calypsostranda), w obrębie formacji Skilvika wydowanej na oligocen lub przełom późnego eocenu/oligocenu. Węgle te zakwalifikowano jako subbitumiczne węgle C (wg amerykańskich standardów ASTM) (Birkenmajer & Gmur, 2010).

Łączne zasoby węgla Spitsbergenu szacowane są na 8,02 mld. t, w tym 1,5 mld. t węgla karbońskich, 1,5 mld. t kredowych i 5,02 mld t trzeciorzędowych (Gabzdyl, 1994). Wg danych SNSK pozyskiwany węgiel w 88% przeznaczany jest na potrzeby energetyki (www.snsk..., 2013).

3. Historia górnictwa węgla

Obecność węgla na Spitsbergenie została stwierdzona już podczas pierwszej wyprawy wielorybniczej, w 1610 r. Odkrycia tego miał dokonać Anglik Jonas Poole na wybrzeżu zatoki Kongsfjord (Stange, 2012). Od tamtego czasu surowiec ten był pozyskiwany przez wielorybników na własne potrzeby. Systematyczne prace poszukiwawczo-kartograficzne rozpoczęto dopiero na przełomie XIX i XX stulecia. Pierwszy, choć raczej symboliczny co do skali, przypadek wykorzystania spitsbergeńskiego węgla do celów komercyjnych wystąpił w roku 1899. Wtedy Norweg Søren Sachariassen wydobyl na obszarze Bohemanflya (Isfjord) około 90 t (600 hektolitrow w g www.svalbardmuseum..., 2013) węgla sprzedanego potem w Norwegii (Stange, 2012). W trakcie kolejnych dwóch dekad na Spitsbergenie prowadził działalność górnictw

szereg spółek o rozmaitej przynależności narodowej, a panujący wówczas nastrój bywa określany jako „gorączka węglowa”. O gwałtownym wzroście zainteresowania wydobywaniem tej kopaliny świadczą dane o liczbie zatrudnionych w górnictwie – w roku 1907 było to 107 osób, w 1930 – 439, zaś w 1938 – 2653 (Encyklopedia..., 1996). Zazwyczaj jednak aktywność taka nie trwała długo i rzadko okazywała się dochodowa. Istotną datą w najwcześniejszej historii górnictwa węgla jest rok 1906. John Munro Longyear, Amerykanin, założył wówczas osadę szumnie nazwaną Longyear City i rozpoczął tam stałą eksploatację, prowadzoną do dziś. W latach 20. XX wieku drobne spółki zostały stopniowo wykupione przez rząd norweski (spółka *Store Norske Spitsbergen Kulkompani AS.* – SNSK), inne na początku lat 30. przejęło radzieckie przedsiębiorstwo *Arktikugol* (Арктикуголь). Jedyna przerwa w eksploatacji svalbardzkiego węgla miała miejsce w latach 1943–1946. Nastąpiła wtedy ewakuacja załóg kopalń – zarówno norweskich, jak i radzieckich. W roku 1943 niemiecka flota północna, składająca się z dwóch okrętów linowych Tirpitz i Scharnhorst oraz 9 niszczycieli (operacja „Zitronella”), a także niemiecki okręt podwodny w roku 1944 zaatakowały i zniszczyły większość osad górniczych.

Po zakończeniu działań wojennych wkrótce powrócono do wydobywania węgla. Norwedzy skoncentrowali wysiłki w rejonie Longyearbyen, gdzie powstało łącznie 7 kopalń węgla (na przełomie lat 60. i 70. funkcjonowało jednocześnie nawet 5 z nich) (Piepjohn i in., 2012). Ponadto kontynuowano prace rozpoznawcze i wydobywcze w kopalni Svea – w ostatnich latach jej produkcja absolutnie zdominowała wydobywanie węgla na Spitsbergenie. Dwa spośród trzech rosyjskich ośrodków górniczych zamknięto w latach 1961 i 1998, obecnie eksploatację prowadzi jedynie kopalnia Barentsburg.

W drugiej połowie XX wieku poziom wydobywania w kopalniach norweskich i rosyjskich był prawdopodobnie zbliżony. Gabzdyl (1994) podaje za rok 1990 wartości odpowiednio 503 tys. t i 572 tys. t. W ciągu ponad 50 lat produkcja SNSK utrzymywała się na poziomie do 500 tys. t rocznie, dopiero po roku 2000 gwałtownie wzrosła, kształtując się w granicach 1,4–4 mln. t (www.snsk..., 2013).

3.1. Rejony prowadzenia działalności górniczej w ujęciu historycznym

Działalność górnicza na Spitsbergenie koncentrowała się w kilku ważnych ośrodkach (z których część funkcjonuje do dziś), próby eksploatacji oraz geologiczno-górnictwa prace rozpoznawcze prowadzono również w szeregu mniejszych, ale również wartych wspomnienia stanowisk (rys. 1).

W rejonie zatoki Borebukta i półwyspu Bohemanflya (środkowa część Isfjordu) norweski żeglarz polarny Søren Sachariassen odkrył w 1862 r. nadające się do eksploatacji pokłady węgla. Dopiero jednak w roku 1899 rozpoczął ich eksploatację – fakt ten uważany jest za początek przemysłowego wykorzystania węgla na Spitsbergenie. Była to jednak aktywność krótkotrwała, w późniejszych latach kopalnia nie funkcjonowała, mimo założenia w 1900 roku spółki *Kulkompaniet Isefjord Spitsbergen* (Svalbard Museum..., 2013). W 1920 roku została ona zakupiona przez spółkę *NeSpiCo* (*Nederlandsche Spitsbergen Companie*), która rozwinęła działalność i rozbudowała

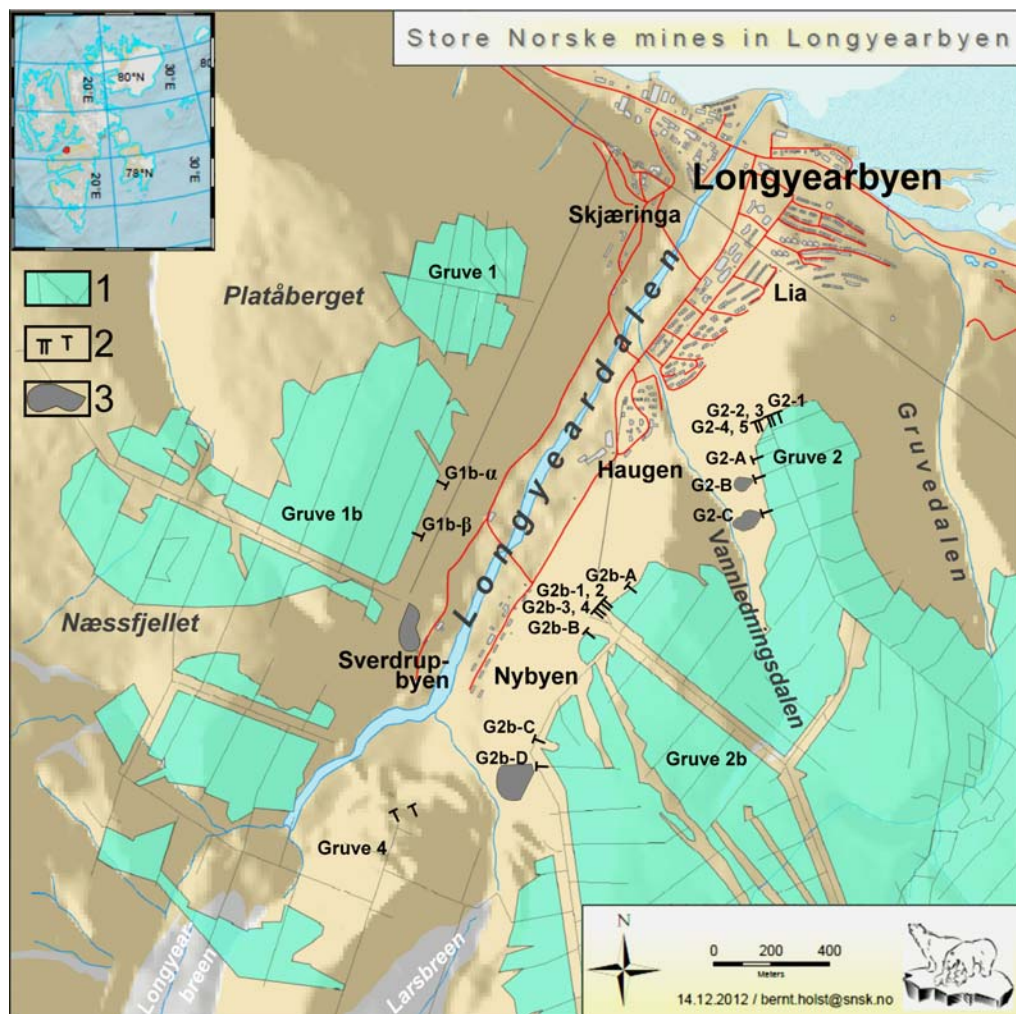
osadę nazwaną Rijpsburg. Prace prowadzono do roku 1922, zaś 10 lat później obszar górniczy został sprzedany rosyjskiemu *Arktikugolowi* wraz z Barentsburgiem (Stange, 2012).

Na północnym brzegu Adventfjordu (rozcinającego południowy brzeg Isfjordu), w osadzie zwanej Advent City podejmowano próby eksploatacji kredowego węgla w latach 1903–1908 (Stange, 2012; 1904–1909 wg [www.snsk...](#), 2013). Prace prowadziła brytyjska spółka *The Spitsbergen Coal and Trading Co. Ltd.* (Svalbard Museum..., 2013). Zdaniem Stange (2012) w latach 1905–1908 była to pierwsza ciągła (wieloletnia, z prowadzeniem robót podczas nocy polarnej) działalność górnicza na Spitsbergenie, natomiast wg danych prezentowanych przez SNSK złożo otwarto, ale nie podjęto eksploatacji ([www.snsk...](#), 2013). Później (1917 r.) prace rozpoczęto o kilka kilometrów na wschód, w Hiorthamn (Moskushamn), w kopalni Hiorthfiellet położonej na wysokości niemal 600 m n.p.m., eksploatującej już węgle paleogeńskie (Stange, 2012; [www.snsk...](#), 2013). Działalność ta trwała przez cztery lata, a następnie po długiej przerwie – w latach 1938–1940 ([www.snsk...](#), 2013).

Południowe brzegi Adventfjordu penetrował od 1901 r. John Munro Longyear, który cztery lata później wykupił od norweskiej spółki obszar położony u wylotu doliny zwanej obecnie Longyeardalen. W roku 1906 amerykańska spółka *Arctic Coal Company* rozpoczęła eksploatację węgla, zakładając kopalnię później nazwaną Gruve 1 (Kopalnia 1) lub Amerikanergruve, funkcjonującą do katastrofy górniczej w 1920 r. Po dziesięciu latach, założywszy jeszcze Gruve 2 (funkcjonującą w latach 1921–1937), Longyear sprzedaje zakład górniczy oraz osadę norweskiej spółce wówczas noszącej nazwę *Store Norske Kul Kompani* (później: *Store Norske Spitsbergen Kulkompani AS.*) (Stange, 2012; [www.svalbardmuseum...](#), 2013; [www.snsk...](#), 2013).

Stopniowo, na okres niemal stu lat, miasteczko Longyearbyen stało się głównym ośrodkiem górniczym na wyspie. Gruve 1 i 2 powstały u wylotu Longyeardalen, odpowiednio na jej zachodnich i wschodnich stokach (rys. 2). W latach trzydziestych SNSK założyło dwie kolejne kopalnie, położone w głębi doliny, nazwane Gruve 1b (1939) i Gruve 2b (1937) (Gawor & Dolnicki, 2012, [www.snsk...](#), 2013). Do lat 50. XX wieku działalność górnicza była prowadzona wyłącznie w wymienionych kopalniach. W roku 1959 otwarto kopalnię Gruve 5, zwaną też King Olav V Gruve (położoną w sąsiedniej dolinie Endalen), a w latach 60. – Gruve 4 (w głębi Longyeardalen, wybierająca złożo zalegające częściowo pod lodowcami Larsa i Longeara) oraz Gruve 6. Wreszcie, w roku 1972 rozpoczęły funkcjonowanie kopalnie nr 3 (znajdująca się u wylotu Adventfjordu, ponad pasem startowym lotniska) i 7 (w największej odległości od miasta, na wschodnim zboczu Bolterdalen, wykorzystująca złożo położone w głębi górotworu, udostępnione ok. 2-kilometrową sztolnią) (Piepjohn i in., 2012; [www.snsk...](#), 2013). Kopalnie 4 i 5 zakończyły działalność na początku lat 70., Gruve 6 – dekadę później, zaś Gruve 3 działała do roku 1996. W okresie powojennym, aż do lat 90., poziom wydobywania w okręgu Longyearbyen kształtował się na poziomie ok. 200–500 tys. t rocznie ([www.snsk...](#), 2013). Gruve 7 pozostaje ostatnią funkcjonującą kopalnią Longyearbyen, choć prace prowadzone są w niej z małą intensywnością

(Piepjohn i in., 2012; www.snsk..., 2013). W ostatnich latach wydobycie kształtuje się na poziomie ok. 75 tys. t rocznie (www.snsk..., 2013), choć Stange (2012) dla roku 2004 podaje wartość zaledwie 62 tys. t. Urobek przeznaczany jest dla miejskiej elektrociepłowni oraz na eksport. Pozostające w złożu zasoby w ilości ok. 2 mln. t przewidziane są do wybrania w ciągu 20 lat przy planowanym poziomie eksploatacji ok. 70–90 tys. t rocznie, przy obsadzie zaledwie 18–20 górników (Stange, 2012).



Rys. 2. Lokalizacja badanych obiektów na podkładzie mapy robót górniczych Longyeardalen (własność Store Norske Spitsbergen Kulkompani – zmienione); 1 – zroby i główne wyrobiska, 2 – wloty sztolni, 3 – duże haldy

Fig. 2. Location of investigated objects on a base of a map of mining workings in Longyeardalen (the property of Store Norske Spitsbergen Kulkompani – with changes; 1 – mined out areas and mine tunnels, 2 – entrances of adits, 3 – large dams)

W minionych latach organizowane były wycieczki turystyczne do kopalni Gruve 7, obecnie działalność ta została zawieszona. Kopalnia Gruve 3 przygotowywana jest do otwarcia w charakterze podziemnej trasy turystycznej około roku 2017 (Amundsen, 2009; Stange, 2012)

W roku 1910 prawa do eksploatacji położonego w końcowej części Billefjordu (wschodni Isfjord) pola górniczego Pyramiden o powierzchni 47,05 km² uzyskał Szwed Bertil Högbom. Rok później rozpoczęto eksploatację karbońskiego węgla, z ograniczonym jednak powodzeniem. Prace kontynuowano w latach 1919–1920 (Stange, 2012). Działka górnicza zmieniała właścicieli – były to spółki *Anglo-Russkij Grumant* i *AB Spetsbergens Svenska Kolfält*, wreszcie w roku 1926 lub 1927 prawa własności wykupiło radzieckie przedsiębiorstwo państwowe *Siewieroles (Севieroлec)*, a w roku 1931 działalność rozpoczął tu *Arktikugol* (www.arktikugol..., 2013; Stange, 2012). Do początku II wojny światowej prowadzono prace przygotowawcze i rozbudowywano infrastrukturę powierzchniową. Po zakończeniu działań wojennych roboty wznowiono już w 1946 r. Górnicze prace rozpoznawcze w latach 1947–1950 dały pierwsze 70 tys. t węgla. W roku 1956 uruchomiono położoną na wysokości 400 m n.p.m. kopalnię „Siewiernaja” z projektowaną wydajnością 235 tys. t węgla energetycznego. Z czasem nastąpił stopniowy spadek produkcji w związku z trudnymi warunkami geologicznymi i koniecznością wykonywania licznych wyrobisk przygotowawczych. Eksploatację niespodziewanie i gwałtownie (dokonując błyskawicznej ewakuacji około 1000-osobowej osady) zakończono w roku 1998. Łącznie kopalnia na polu Pyramiden wydobyła ok. 9 mln t węgla (www.arktikugol..., 2013). Cała infrastruktura osady Piramida została pozostawiona w stanie nienaruszonym, jako obiekt dziedzictwa historycznego i przemysłowego. Aktualnie jest to cel regularnie organizowanych wycieczek turystycznych, podczas których można obserwować m.in. procesy wkraczania naturalnego środowiska na obszar zurbanizowany.

Pierwsze prace górnicze na wschodnim brzegu Grønfjordu (w zachodniej części Isfjordu) rozpoczęła w roku 1912 norweska spółka. Osiem lat później pole górnicze przejęła spółka *NeSpiCo (Nederlandsche Spitsbergen Compagnie)*, założono wtedy osadę Barentsburg. W roku 1932 właścicielem obszaru został *Arktikugol*. W czasie II wojny światowej ewakuowano obsługę kopalni, a infrastruktura uległa silnym zniszczeniom, jednak eksploatację wznowiono już w 1946r. W okresie 2000–2004 kopalnia Barentsburg produkowała rocznie ok. 300 tys. t węgla przeznaczonego na eksport. W ostatnich latach poziom wydobywania obniża się (Stange, 2012). Dalsza produkcja do roku 2024 planowana jest na poziomie 120 tys. t (www.arktikugol..., 2013), z czego można wnioskować, że pozostałe zasoby wynoszą około 1,5 mln. t. Dotychczas kopalnia wyprodukowała około 12 mln t węgla (www.arktikugol..., 2013; Stange, 2012). Barentsburg pozostaje obecnie jedyną czynną rosyjską kopalnią na Spitsbergenie, funkcjonującą mimo ciężkich warunków geologiczno-górniczych oraz tragicznych wydarzeń. Kopalnia należy do wysokiej kategorii zagrożenia metanowego, występuje niebezpieczeństwo wybuchów pyłu węglowego oraz zagrożenie tąpniowe (www.arktikugol..., 2012). W roku 1996 w Longyearbyen nastąpiła katastrofa samolotu

tu wiozącego 130 osób, głównie górników do Barentsburga, dziesięć lat później w kopalni wybuchł duży pożar (Stange, 2012).

Początek prac górniczych na złożu Grumant (południowy Isfjord, ok. 12 km na południowy-zachód od Longyearbyen), które zostało odkryte przez rosyjskiego geologa V.A. Rusanova, miał miejsce w roku 1911 lub 1912. Badania geologiczne udokumentowały zasoby na poziomie 40 mln t, eksploatacja była prowadzona z przerwami od roku 1913 do 1961 (www.arktikutol..., 2013; Stange, 2012). Do roku 1931 prace prowadziły przedsiębiorstwa *Grumant*, *Anglo-Russkij Grumant* i *Siewieroles* (do tego czasu kopalnia wyprodukowała łącznie zaledwie 20 tys. t węgla). W tym momencie obszar (8 działek o łącznej powierzchni 80 km²) przeszedł w całości na własność ZSRR. Już w kolejnym roku gwałtownie zwiększono produkcję (dziesięciokrotnie – do 20 tys. t), zaś do 1939 r. jej poziom osiągnął 100 tys. t rocznie. Po II wojnie światowej kopalnia wymagała gruntownej odbudowy – przeprowadzono szereg prac podziemnych, rozbudowano infrastrukturę powierzchniową. W latach 50. produkcja wynosiła średnio 120 tys. t rocznie, łącznie kopalnia wyprodukowała ponad 2 mln t węgla. Zamknięto ją w roku 1961 w związku z trudnymi warunkami geologiczno-górnictwymi i problemami ekonomicznymi (www.arktikutol..., 2013). W latach 80. XX wieku przeprowadzono prace rozpoznawcze, na podstawie których pozostające w górotworze zasoby złoża określono na ponad 134 mln t (www.arktikutol..., 2013). W roku 2000 *Arktikutol* planował utworzenie nowej kopalni w pobliskiej dolinie Colesdalen, założenia projektowe zostały nawet przyjęte przez władze norweskie, ale prac przygotowawczych nie rozpoczęto (Stange, 2012; www.arktikutol..., 2013).

Kongsfjord, położony w północno-zachodniej części Spitsbergenu, był miejscem gdzie w 1610 roku wielorybnik Jonas Poole jako pierwszy natrafił na fragmenty węgla. Zorganizowana eksploatacja w tym rejonie rozpoczęła się jednak dopiero ponad 300 lat później. Norweska spółka *Kings Bay Kull Kompani AS* w roku 1916 rozpoczęła przygotowania, zaś dwa lata później wydobywanie. Prace przerwano w roku 1929 z przyczyn ekonomicznych, a udziały przedsiębiorstwa wykupiło państwo norweskie. Do eksploatacji w powstałej tu osadzie Ny Ålesund powrócono w roku 1945. Niestety szereg tragicznych wypadków w latach 50. i 60. XX wieku doprowadził do ostatecznego zamknięcia kopalni w 1962 r. (Stange, 2012). Osada funkcjonuje do dziś, jednak w zupełnie odmiennym charakterze – znajdują się tu bazy naukowe należące do Norwegii, Niemiec, Francji, Wielkiej Brytanii, Włoch, a także Indii, Chin i Południowej Korei.

W roku 1917 szwedzkie przedsiębiorstwo *AB Spetsbergens Svenska Kolfält* rozpoczęło prace górnicze w końcowej części Van Mijenfjordu, powstała kopalnia szybko zaczęła być nazywana Sveagruva (Stange, 2012; www.snsk..., 2013). Niespełna dwie dekady później (1934) obiekt zakupił SNSK. Podczas II wojny światowej Svea została doszczętnie spalona w wyniku akcji załogi niemieckiego okrętu podwodnego (www.snsk..., 2013). Mimo to eksploatację wznowiono już w 1946 r., jednak trzy lata później została ona zawieszona, w późniejszych latach roboty prowadzono nieregularnie – z licznymi przerwami. W roku 1970 rozpoczęto badania na polu Svea Øst.

W roku 1987 ponownie zawieszono roboty, a powrócono do nich po dziesięciu latach. W roku 2000 zakończono prace na polu Svea Vest, jednocześnie uruchomiono pole Sentralfiellet i dokonano zasadniczej modernizacji zakładu, co skutkowało gwałtownym wzrostem wydobywania, Sveagruva stała się wiodącym ośrodkiem wydobywczym na Spitsbergenie. Cztery lata później zakończono budowę ponad 4,5-kilometrowej sztolni transportowej dla pola Svea Nord. Rok 2007 okazał się rekordowy pod względem produkcji węgla przez SNSK – jej poziom przekroczył 4 mln t, przy absolutnej dominacji wydobywania w kopalni Svea (www.snsk..., 2013; Stange, 2012). Na rok 2013 zaplanowano otwarcie kolejnego pola górniczego – Lunckeffjellet, z którego transport urobku będzie prowadzony częściowo po powierzchni lodowca Marthabreen (Amundsen, 2008; www.snsk..., 2013).

Południowy Bellsund był kolejnym obszarem związanym z poszukiwaniem i eksploatacją węgla. W latach 1918–20 w rejonie Calypsostranda, prowadziła prace angielska *Northern Exploration Company*. Powstała tu niewielka osada Calypsobyen, gdzie podejmowano próby wydobywania trzeciorzędowego węgla (Stange, 2012). Do dziś widoczne są tam pozostałości sześciu sztolni i hałdy (Birkenmajer & Gmur, 2010). To samo przedsiębiorstwo prowadziło poszukiwania złóż węgla karbońskich na północnym brzegu Bellsundu (Vårsolbukta). Podczas zimowania 1918–1919 r. przeprowadzono prace przygotowawcze, jednak eksploatacji nie podjęto (Stange, 2012).

4. Obserwacje terenowe

4.1. Longyardalen – morfologia, geologia, obiekty górnicze

Longyeardalen jest typową dla Spitsbergenu doliną peryglacialną, o płaskim dnie i bardzo stromych stokach, wyżej mających charakter ścian skalnych, a niżej pokrytych stożkami usypiskowymi. Rzeźba terenu jest intensywnie modyfikowana w wyniku działalności wód płynących (bezpośrednio oraz w postaci spływów gruzowych), wietrzenia mechanicznego, obrywów i lawin gruzowych oraz soliflukcji (Jahn, 1977). Uwagę zwracają regularnie rozmieszczone żleby i górujące nad nimi wieże skalne.

Budowa geologiczna doliny Longyear jest nieskomplikowana, występujące tu jednostki litologiczne zalegają subhoryzontalnie, z niewielkim (kilkustopniowym) upadem ku SW. Głębiej występują wczesnokredowe skały grupy Adventdalen – dobrze widoczne w północnej i środkowej części doliny, a kryjące się pod powierzchnią terenu w jej części wyższej. Są to ciemnoszare mułowce (mudstones, siltstones) morskie oraz zielonkawe i szare piaskowce z mułowcami, utworzone w środowiskach deltowych i na równiach akumulacyjnych. Występują tu dobrze zachowane szczątki roślinne, wkładki węgla, a wyjątkowo atrakcyjnym znaleziskiem w tej jednostce stratygraficznej były, odkryte w początkowej części Isfjordu tropy iguanodonów (Piepjohn i in., 2012).

Wyższe części zboczy budują skały paleogeńskiej grupy van Mijenfjorden – a dokładniej paleoceńskiej, produktywnej formacji Firkanten. W jej spągu obserwuje się

miejscami zlepienie ogniwa Grøn fjorden – nieciągłego, o miąższości nie przekraczającej 4,5 m. Kolejne ok. 60 m profilu stanowią utwory ogniwa Todalen, utworzonego w środowiskach lagunowych, plażowych i na równiach pływowych, z okresową intensywną roślinnością. Jest to monotonna seria składająca się głównie z ciemnych łupków i mułowców oraz zielonych, drobnoziarnistych piaskowców (Harland, 1997; Piepjohn i in., 2012). Wyróżniono tu 3–5 sekwencji łupkowo-mułowcowo-piaskowcowo-węglowych (Harland, 1997), które można uznać za słabo wykształcone cyklotomy węglowe. Pięć, różnej miąższości i jakości pokładów węgla (por. rozdz. 2.1) występuje w niższej części ogniwa Todalen, źródła podają, że w Longyearbyen eksploatowany był tylko pokład Longyear, osiągający tu ok. 1,7 m (Harland, 1997; Stange, 2012). W piaskowcach można natrafić na dobrze zachowane odciski liści, zaś w sąsiedztwie pokładu węgla, w kopalni Gruve 7, odkryto (datowane na 60 mln lat) tropy pantodontów *Thulitheripus svalbardii* (Piepjohn i in., 2012).

Obie wspomniane grupy oddziela, obejmująca około 35 mln lat, trudno tu dostrzegalna luka stratygraficzna. W przybliżeniu granicę tą wskazać można w oparciu o położenie wlotów sztolni, usytuowanych tuż ponad nią (Piepjohn i in., 2012).

Najbardziej rzucającymi się w oczy obiektami pogórnictwa są na terenie Longyearbyen wieże sieci transportu kopalnianego, mającego postać kolejki linowej. Zostały one zachowane jako element dziedzictwa kulturowego i przemysłowego. Interesującym zagadnieniem jest grawitacyjny napęd systemu, który funkcjonował bez przerwy, pod warunkiem ciągłej dostawy węgla, a w razie konieczności – skały płonnej. Zapewniał on odstawę urobku nawet z kopalni Gruve 6, oddległej od portu w Longyearbyen o 10 km. Na zboczach Longyeardalen doskonale widoczne są pozostałości kopalń – ich zabudowań, hałd i sztolni. W wielu miejscach obserwuje się nagromadzenia węgla, jednak w zdecydowanej większości są to ślady utraty części urobku podczas transportu, rozmieszczone wzdłuż linii kolejki linowej. Tylko w kilku miejscach widoczne są niewielkie wychodnie węgla lub nagromadzenia jego fragmentów w obrębie pokryw rumoszowych.

W materiałach dotyczących terenu Longyeardalen (przewodniki, mapy topograficzne, a nawet materiały dokumentacyjne SNSK; Piepjohn i in., 2012; Mapa..., 2008, por. rys. 2) znajdujemy informacje na temat pięciu,znaczonych punktowo, obiektów związanych z prowadzeniem robót górniczych. Są to kopalnie 1, 1b, 2, 2b i 4. Obraz ten jest nieco mylący z dwóch powodów, po pierwsze wspomniane kopalnie są *de facto* złożonymi i rozległymi zespołami obiektów pogórnictwa (sztolni, zabudowań, hałd), po drugie na wspomnianym obszarze znajduje się ponadto szereg innych, różnie zachowanych wlotów wyrobisk i hałd.

Prace terenowe objęły penetrację powierzchniowych pozostałości działalności górniczej na obszarze pól górniczych kopalń Gruve 1, 1b, 2, 2b, a więc dokumentujących najstarsze prace poszukiwawcze i wydobywcze w rejonie Longyearbyen. Obszar kopalni Gruve 4 spenetrowano pobieżnie ze względu na inny charakter tego obiektu

i zalegającą pokrywę śniegu. Skoncentrowano się na zlokalizowaniu wlotów sztolni, określeniu przybliżonych parametrów tych wyrobisk i zbadaniu ich dostępności.

Kopalnie są usytuowane na różnych rzędnych, na odcinku około 2500 m na zboczach Longyeardalen. Wg Piepjohna i in. (2012) położone u wylotu doliny sztolnie kopalń Gruve 1 i 2 znajdują się na poziomie 240–270 m n.p.m. (aż w 3/4 wysokości zbocza), kopalnie Gruve 1b i 2b – na wysokości ok. 180–230 m n.p.m., zaś Gruve 4 – w osi doliny na wysokości 160 m n.p.m. (rys. 2).

Relikty działalności wydobywczej w Longyeardalen opisano dzieląc je na trzy grupy: 1) główne zespoły kopalniane (znaczone we wspomnianych źródłach), obejmujące zwarte zespoły sztolni, hałdy i w różnym stopniu zachowane rozległe zabudowania, 2) sztolnie peryferyjne, połączone z systemem wyrobisk wymienionych kopalń oraz 3) małe sztolnie (rozpoznawcze?) – odosobnione, prawdopodobnie krótkie i w założeniach prawdopodobnie izolowane (nie łączące się z systemami wyrobisk dużych kopalń), ich cechami charakterystycznymi są bardzo małe przekroje wlotów, oraz niewielkie, niekiedy szczątkowo zachowane hałdy. Podział ten ma charakter opisowy, roboczy.

Łącznie na badanym obszarze natrafiono na 20 pewnych lub prawdopodobnych wlotów wyrobisk górniczych, z tego 11 w głównych zespołach kopalnianych, 7 określono jako sztolnie peryferyjne, zaś 2 – jako małe sztolnie. Łącznie znajdowało się tu prawdopodobnie niemal 30 sztolni, wliczając te dziś niemożliwe do zlokalizowania – w kopalniach Gruve 1 i 1b. Ciekawe wydają się ostatnie ze wspomnianych obiektów – małe sztolnie, mogą to być bowiem pozostałości najstarszych górniczych prac poszukiwawczych, zachowane w stanie nie zmienionym późniejszą rozbudową infrastruktury kopalń.

4.2. Główne zespoły kopalniane

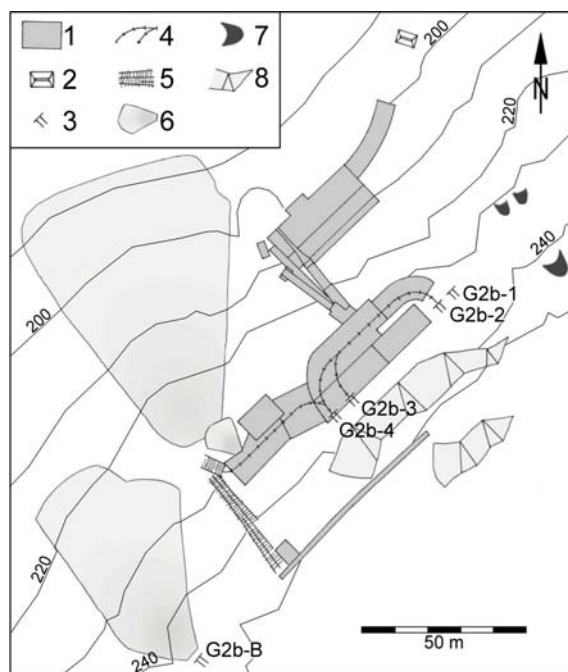
Najlepiej zachowanym takim obiektem jest Gruve 2b (rys. 2), określana też jako Julenissegruva (Kopalnia Bożonarodzeniowa – wedle miejscowych opowieści miejsce, gdzie Święty Mikołaj pakuje prezenty dla dzieci). Doskonale obrazuje ona wpływ morfologii terenu z nachyleniem zbocza rzędu 45° na charakter zabudowy.

Kopalnia jest silnie rozbudowana, zauważono pozostałości 4 wlotów sztolni, wyrobiska usytuowane zostały parami, w odległości po ok. 10 m od siebie (rys. 3).

Zabudowania kopalni położone są na trzech poziomach. Poziom główny (ok. 234 m n.p.m.), wydobywczy, stanowi specyficzny blok połączonych, różnorodnych elementów architektonicznych, rozmieszczonych chaotycznie, co jest zapewne wynikiem stopniowej rozbudowy. Budynki mają konstrukcję drewnianą (za wyjątkiem jednego, betonowego) i dachy płaskie lub o niewielkim spadzie – zaskakujące w klimacie cechującym się znacznymi opadami śniegu. Konsekwencją klimatu oraz kultury obywateli jest doskonały stan rozmaitych pozostałości działalności górniczej. Zachowane jest torowisko, które umożliwiało szynowy transport urobku oraz krata zspypowa, waga czy kuźnia z bogatym zestawem narzędzi. Natrafiono też na resztki skrzyń do transportu

materiałów wybuchowych (napis: *Nitroglycerin Compagniet Alfred Nobel*). Znajdują się tu w różny sposób zachowane pozostałości 4 sztolni (rys. 3). Wloty dwóch północnych (G2b-1, 2), transportowych (por. Knudsen & Yri, 2010), usytuowane przy skraju zabudowań, są całkowicie zawalone i zakryte osypiskiem. Sztolnie G2b-3, 4 (główne – Knudsen & Yri, 2010) widoczne są w centralnej części zespołu budynków. Obie są od początku zablokowane zwartymi, pionowymi ścianami warstwowanego lodu (rys. 4). Jedna z nich posiada dobrze widoczną, choć silnie zniszczoną obudowę drewnianą z klamrami, w przypadku drugiej obudowa jest niewidoczna za wałącą się konstrukcją dachu budynku. Szerokość wyrobisk wynosi ok. 2,5 m, wysokość ok. 1,8 m.

Poziom wyższy kopalni (ok. 245 m n.p.m.) stanowi jeden niewielki budynek z kołem linowym (napędowym lub zwrotnym) mechanizmu transportowego (transport ludzi) oraz długi i masywny mur zabezpieczający kopalnię przed staczającymi się fragmentami skalnymi. Na tym poziomie, w odległości ok. 50 m ku SW znajduje się wlot kolejnej sztolni, określonej jako boczna – por., rozdz. 4.3 (rys. 3).



Rys. 3. Szkic terenowy głównego zespołu Grube 2b, układ poziomic przybliżony – w oparciu o Knudsen & Yri (2010); 1 – zabudowania, 2 – pierwsza wieża sieci transportu kopalnianego, 3 – wloty sztolni, 4 – przebieg torowiska, 5 – resztki systemu do transportu osób, 6 – hałdy, 7 – naturalne nagromadzenia węgla, 8 – ściany skalne

Fig. 3. Field sketch of main unit of Grube 2b, system of isolines – approximated after Knudsen & Yri (2010); 1 – buildings, 2 – first tower of mine transportation system, 3 – entrances of adits, 4 – trackways, 5 – system of transport of persons – remains, 6 – dams, 7 – natural coal occurrences, 8 – rock walls

Zabudowania poziomu najniższego (ok. 200 do 222 m n.p.m.) zachowane są w najlepszym stanie, znajdują się tu zbiorniki retencyjne węgla z szeregiem dozowników urobku, do jednoczesnego załadunku kilku wagonów kolejki linowej oraz stacja załadownicza (por. Knudsen & Yri, 2010). Dobrze dostępne są elementy mechanizmu stacji (napędowej?) kolejki linowej.



Rys. 4. Włot sztolni G2b–3 całkowicie wypełniony warstwowanym lodem (fot. K. Grudzińska)

Fig. 4. Entrance of G2b–3 completely filled with bounded ice (photo K. Grudzińska)

Poziomy główny i niższy połączone są kilkoma stalowymi zsyplinami do przemieszczania urobku (oddzielnie węgla i skały płonnej). Szczątkowe hałdy znajdują się poniżej wspomnianej sztolni peryferyjnej na poziomie +245 m. n.p.m. (zwał z widocznym udziałem węgla) oraz pod SW krańcem zabudowań środkowego (w większości czerwony piaskowiec) i dolnego poziomu kopalni.

Analogicznie zorganizowana była kopalnia Grube 2, której zabudowa obecnie nie istnieje, widocznych jest jednak wiele różnych jej pozostałości. Zachowały się ślady pięciu sztolni usytuowanych na jednym poziomie. Włot wyrobiska północnego (G2–1 na rys. 2) jest już niemal całkowicie zakryty rumoszem, niemniej widać resztki drewnianej obudowy stropu, zmiażdżone, świadczące o całkowitym zawaleniu początkowego odcinka sztolni. Obok, nieco poniżej, znajduje się pozostałość małego budynku z mechanizmem napędowym kolejki do transportu osób. Położony jest on dokładnie nad dawnym budynkiem zbiorników retencyjnych i stacji załadowniczej, w przypadku tej kopalni usytuowanym ponad 100 m poniżej, co można zauważyć na archiwalnych fotografiach (np. Svalbard posten..., 2010). W rejonie tym rzuca się w oczy obecność znacznych ilości piaskowca o intensywnie czerwonym zabarwieniu, które jest wyni-

kiem przepalenia skały w trakcie wieloletniego pożaru kopalni wywołanego ostrzałem przeprowadzonym przez niemiecką eskadrę wojenną w 1943r.

Wloty kolejnych dwóch sztolni (G2–2, 3) położone były u stóp niewielkiej ścianki skalnej. Są one zawalone, w przypadku jednej z nich doskonale widać całkowicie spalone pionowe elementy obudowy drewnianej. Wloty ostatnich dwóch sztolni (G2–4, 5) miały początkowo podobny wygląd, obecnie dobrze zachowana (widoczna) jest tylko sztolnia G2–4. Rozpoczynała się ona służą, i była obudowana odrzwiami położonymi w odległości ok. 8 m od siebie. Ociosy są zabezpieczone murem kamiennym układanym bez zaprawy, zaś strop – stropnicami drewnianymi. Za drugą parą odrzwi znajduje się ściana lodu. Niewielkie zwałowiska skały płonnej (z dużym udziałem czerwonego piaskowca) mają postać cienkich pokryw na zboczu.

Kopalnia Gruve 1 (Amerikanergruve) położona jest na stoku o najwyższym nachyleniu. Dominującym elementem jest ruina drewnianej konstrukcji budynku zbiornika retencyjnego, ponadto zachowane są elementy fundamentowania i części mechanizmu stacji załadowniczej (przekładnie zębate i koła zamachowe), a ponad nimi reszkowo zachowany mur budynku zabezpieczającego wlot (-y?) sztolni (por. Knudsen & Yri, 2010). Około 15 m powyżej znajdują się niewielkie naturalne wychodnie węgla – prawdopodobnie pokładu Svarteper.

W przypadku kopalni nr 1b dokonano całkowitej rozbiórki zabudowań. Dziś widoczne są jedynie pozostałości fundamentów, liczne stalowe elementy konstrukcyjne, rzuca się w oczy długa strefa nagromadzenia drobnych fragmentów węgla, znacząca przebieg pochylni łączącej poziom sztolni ze stacją załadowniczą. Wloty sztolni są nieczytelne, zakryte piargiem. Elementem dominującym w morfologii jest rozległa hałda skały płonnej, spod której następuje silny wypływ odcieków kopalnianych o intensywnie rudym zabarwieniu. U jej stóp znajduje się zachowany ostatni budynek górniczej osady Sverdrupbyen, w pobliżu którego natrafiono na znaczne nagromadzenie rdzeni pozostałych po wierceniach badawczych.

Nie istnieje również powierzchniowa infrastruktura Gruve 4. W trakcie badań zidentyfikowano wloty dwóch sztolni, które zamknięte były drewnianymi tamami.

4.3. Sztolnie peryferyjne

Już pierwszy rzut oka na krajobraz Longyeardalen pozwala stwierdzić, że relikty działalności górniczej występują w liczbie większej niż jest to ukazywane na dostępnych mapach. Co ciekawe, poza hałdą kopalni Gruve 1b, inne (doskonale widoczne) zwałowiska znajdują się właśnie przy wlotach wyrobisk określonych tu jako sztolnie peryferyjne – nie znaczone w dostępnych materiałach kartograficznych. Sztolnie takie widzimy na polach kopalń nr 2 i 2a, zaś nie występują one w kopalniach 1 i 1a. Jest to efekt zróżnicowanej budowy zboczy Longyeardalen – zbocze NW jest jednolite, zaś SE zostało rozcięte bocznymi dolinami Vannledningsdalen i strumienia schodzącego od strony lodowca Larsa – co umożliwiło szersze udostępnienie złóż.

Na polu Gruve 2, w początkowej części Vannledningsdalen, znajdują się 3 sztolnie peryferyjne, których położenie dokładnie odpowiada wyrobiskom znaczone na mapie Store Norske (rys. 2), stanowiły więc one integralną część podziemnej infrastruktury przedsiębiorstwa, umożliwiając odstawę części skały płonnej. Wlot pierwszej z nich (G2–A), w wyniku intensywnych powierzchniowych ruchów masowych na zboczu, uległ praktycznie całkowitemu zatarciu, jego położenie można wskazać wyłącznie dzięki zachowanym murkom kamiennym (rys. 5). Wlot sztolni G2–B ma postać szerokiego portalu z kamienną obudową ociosów i drewnianym zabezpieczeniem stropu chroniącym przed osuwaniem się rumoszu. Głębiej widoczny jest zawalony początek sztolni z pełną obudową drewnianą. Poniżej znajduje się wąska, stroma hałda. Ostatnia sztolnia (G2–C na rys. 2) posiada wlot ujęty odrzwiami, na których zabudowano drewnianą, skrzyniową konstrukcję o szerokości i głębokości około jednego metra i ponad 3-metrowej wysokości (rys. 6). Wnętrze wyrobiska wygląda podobnie do przedstawionych wyżej – za kilkumetrowej długości murami kamiennymi rozpoczyna się zawal z elementami zniszczonej obudowy drewnianej. Poniżej wlotu znajduje się, usytuowana na stromym stoku, dość duża hałda.



Rys. 5. Kamienne murki wskazujące położenie całkowicie zakrytego wlotu sztolni G2–A

Fig. 5. Small stony walls marking the totally covered entrance to adit G2–A

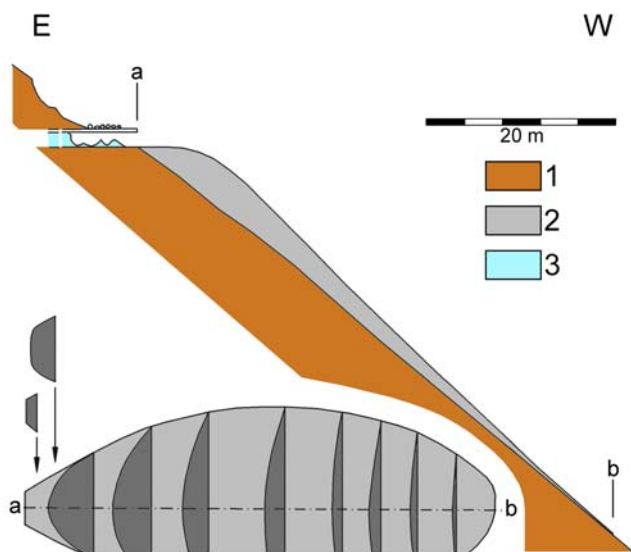
Kolejne cztery wyrobiska, które można określić jako sztolnie peryferyjne znajdują się na polu Gruve 2b (rys. 2). Pierwsze z nich (G2b–A) położone jest ok. 100 m od NE krańca głównego poziomu zabudowań kopalni. Widzimy tu niszę z resztkami kamiennego muru i drewnianej obudowy stropu, które w trakcie prac terenowych znajdowały się w większości pod pokrywą śniegu. Powyżej znajduje się blokowisko wskazujące na zapadnięcie się odcinka przywejskiego. Występujący tu w nadkładzie piaskowiec wykazuje intensywnie czerwone zabarwienie.



Rys. 6. Sztolnia G2–C, wysoka, drewniana konstrukcja zabudowana nad wlotem
Fig. 6. Adit No G2–C with high, wooden construction above the entrance

Kolejna sztolnia peryferyjna (G2b–B) położona jest ok. 50 m na SW od budynku wyższego poziomu kopalni (i niemal 100 m od sztolni głównych). Jej wlot ma on nietypową formę dwóch otworów położonych bezpośrednio jeden nad drugim, zabezpieczonych stalową obudową podporową, sztywną. Na ociosie wyrobiska widoczny jest pokład (prawdopodobnie Svarteper) silnie rozsypliwego węgla kamiennego. W odległości kilku metrów od wlotu nastąpił gliniasty zawał, wypełniający sztolnię po strop.

Sztolnia G2b–C położona jest przy wlocie doliny utworzonej przez potok spływający z lodowca Larsa, na zboczu o pomierzonym nachyleniu 38–42°. Za odrzwiami wyrobisko ma wymiary poprzeczne ok. 1,5×1,5 m i dostępne jest na odcinku 8 m, dalej znajduje się ściana warstwowanego lodu. Hałda jest wyraźnie widoczna na tle ciemniejszego materiału skalnego pokrywającego zbocze, jej wymiary określono na 50×20 m (rys. 7), a objętość oszacowano metodą przekrojów na 1000 m³. Wydaje się, że wyrobisko to mogło powstać jako jedna z „małych sztolni” opisywanych poniżej, świadczyło by o tym osłonięcie jej filarem ochronnym rozwijającej się później Gruve 2b (rys. 2). Wtedy zapewniła ona prawdopodobnie możliwość odstawy części urobku płonnego, stąd stosunkowo duża hałda przed jej wlotem.



Rys. 7. Sztolnia G2b–C i jej hałda – przekrój i rzut poziomy; 1 – wychodnie skalne i rumosz zboczowy, 2 – hałda, 3 – lód wypełniający sztolnię; na rzucie pionowym ukazano przekroje wykorzystane do oszacowania objętości zwał

Fig. 7. Adit No G2b–C and a dump – cross section and horizontal projection; 1 – rock and debris, 2 – dump, 3 – ice in adit; on the horizontal projection the profiles used to calculation of dump's volume are shown

Sztolnia G2b–D znajduje się około 100 m na południe od poprzedniego wyrobiska. Jej wlot został zniszczony w wyniku ruchu rumoszu, zachowała się jedynie resztką obudowy. Poniżej znajduje się rozległa hałda o średnicy korony rzędu 70 m, z pozostałościami drewnianej konstrukcji, na której ułożone było torowisko biegnące aż do skraju hałdy. Spod zwałowiska następuje wypływ odcieków kopalnianych, w trakcie prac terenowych słaby, ale okresowo intensywny – formujący koryto typu roztokowego. Ocieki powodują gromadzenie się rudego osadu na powierzchni bloków skalnych, miejscami dochodzi do rozwoju specyficznych zbiorowisk organicznych.

4.4. Małe sztolnie

Trzecią wyróżnioną grupę pozostałości prac górniczych w Longyear dalen stanowią niewielkie obiekty odosobnione. Dwa z nich są słabo widoczne na NW zboczu doliny, w pobliżu reliktyw Grube 1b. Za trzeci tego typu obiekt można uznać sztolnię na polu górniczym Grube 2b.

Pierwsza ze sztolni, oznaczona G1b–a (rys. 2), usytuowana jest w obrębie piargu schodzącego ze zlebu. Jej wlot jest nisko zabudowany. Wyrobisko posiada dobrze zachowaną pełną obudowę drewnianą łączoną klamrami, a jego wymiary poprzeczne na dostępnym odcinku mają wartość $1,6 \times 1,5$ m (wysokość). W odległości zaledwie

kilku metrów od wlotu znajduje się ściana warstwowanego lodu, wyczuwalny jest jednak napływ powietrza z głębi górotworu, to niewielkie wyrobisko ma więc prawdopodobnie kontakt z podziemną infrastrukturą Gruve 1b. Poniżej znajduje się miniaturowa hałda o długości (mierzonej wzdłuż zbocza) 20 m i szerokości nie przekraczającej 8 m. Jej objętość oszacowano na 100 m³, przyjmując przedstawione wartości przekroju poprzecznego można uznać, że długość wyrobiska wykonanego przy wybieraniu skały płonnej nie przekroczyła 45 m.

Sztolnia G1b-β (rys. 2), położona na grani pomiędzy żlebami, tuż poniżej wychodni skalnej, również posiada obudowę drewnianą z klamrami, jej stan zachowania jest jednak fatalny, głębiej widać ścianę lodu. Wlot wyrobiska posiada nietypowe odrzwia o wyjątkowo małych rozmiarach – 0,6×0,65 m – z resztką wysokiej konstrukcji drewnianej, analogicznej jak w przypadku sztolni G2-C. Hałda jest niemal niewidoczna, zakryta osypiskiem, jej rozmiary były prawdopodobnie znacząco mniejsze niż w powyższym przypadku.

Wydaje się, że opisane powyżej obiekty mogą być najstarszymi zachowanymi sztolniami, nie poszerzanymi późniejszymi robotami górniczymi. Być może były to wyrobiska rozpoznawcze utworzone we wczesnym etapie badania zasobów Longyear-dalen. Później, w miarę intensyfikacji eksploatacji w kopalni Gruve 1b, potraktowano je jako stare zroby. Sztolnię G1b-α zabezpieczono filarem ochronnym, co widoczne jest na mapie SNSK (rys. 2), drugie z wyrobisk, prawdopodobnie ze względu na bardzo nikłe rozmiary, nie zostało ujęte na mapie.

4.5. Stan zachowania reliktyw górnictwa

Omawiane obiekty zachowane są w różnym stanie, na co wpływają przede wszystkim specyficzne warunki środowiskowe powodujące powstawanie zjawisk nie obserwowanych w klimacie umiarkowanym. Warto zwrócić uwagę na kilka z nich.

Bardzo istotnym zjawiskiem, powodującym niekiedy całkowite zniszczenie (zasłonięcie) wlotów dawnych sztolni, czy niewielkich hałd są intensywne powierzchniowe ruchy masowe: obrywy i lawiny skalne, spełzywanie rumoszu (np. w przypadku sztolni G2-2 i 3 oraz G2b-1 i 2, a zwłaszcza G2-A i G2b-D). W innych przypadkach procesy te powodują zawalanie się stropów wyrobisk na odcinkach przebijających pokrywę zwietrzelinową (sztolnie G2b-5, G2-B).

Szereg wyrobisk, w wyniku sezonowych wahań temperatury, jest zablokowanych zwartymi masami warstwowanego lodu. Zjawisko to obserwowano w przypadku sztolni G2b-3 i 4 (wewnątrz zabudowań Gruve 2b) oraz w sztolniach G2-4, G1b-α i β, których wloty są odsłonięte – w nich ściana lodu znajdowała się 8–10 m od odrzwi.

W dwóch przypadkach, mimo występującego w górotworze permafrostu, zaobserwowano obecność odcieków kopalnianych. W przypadku Gruve 1b w całym korycie strumienia płynącego wzdłuż stopy hałdy występują rude i żółtawe naloty związków żelaza na powierzchniach bloków skalnych, substancje te przepają również luźny osad rzeczny. Rozległość powierzchni o tej kontrastowej kolorystyce świadczy o inten-

sywności i ciągłości procesu emisji odcieków. Podobne zjawiska obserwowano poniżej hałdy sztolni G2b–D, choć w czasie badań intensywność wypływu była bardzo niska. Silna mineralizacja tych wód jest prawdopodobnie wynikiem drenażu zwałowisk.

Reliktami działalności górniczej w Longyear dalen są też narzędzia, czy elementy wyposażenia kopalń nadające wyjątkowy koloryt wnętrzom i otoczeniu kopalnianych zabudowań. Są one zachowane w dużej ilości, szerokiej gamie i dobrym stanie, co nie jest już jednak konsekwencją klimatu, a kultury mieszkańców Svalbardu.

5. Podsumowanie

Dolina Longyear dalen daje wyjątkową możliwość szczegółowego zapoznania się z produktywnym (paleogeńskim) wycinkiem profilu stratygraficznego osadów spitsbergeńskiego basenu centralnego, ale przede wszystkim z największą na Spitsbergenie koncentracją pozostałości pokopalnianych.

Słabo widoczne w żlebach wychodnie węgla można obserwować na dwóch poziomach: odpowiadającym rzędnym większości sztolni (pokład Longyear) oraz wyższym o około 10–15 m (znaczony prawdopodobnie przez sztolnię G2b–B i odsłaniający się ponad zabudowaniami kopalni Gruve 1 oraz około 50 m na N od głównego zespołu zabudowań Gruve 2b – pokład Svarteper).

Obszar ten był jednym z pierwszych pól poszukiwawczych (od 1901 r.) i eksploatacyjnych (od 1906 r.) węgla na Spitsbergenie. Roboty górnicze prowadzono do roku 1970, gdy nastąpiło zamknięcie Gruve 4. Omówione relikty działalności górniczej to zespoły zabudowań lub ich pozostałości, wloty sztolni oraz hałdy.

Zabudowania kopalniane, ze względu na skrajnie wysokie kąty nachylenia zboczy, rozmieszczane były na 2–3 poziomach, pełniących odpowiednio funkcje wydobywcze i załadownicze. W większości różnica wysokości tych poziomów była rzędu 20–30 m, tylko w przypadku Gruve 2 poziom załadowniczy usytuowany został znacznie niżej. Dobrze zachowane są jedynie zabudowania Gruve 2b, gdzie szczegółowo zapoznać się można z pozostawionymi elementami wyposażenia kopalni. W zabudowaniach kopalń znajdowały się wloty kilku sztolni, w większości głębionych parami, w odległości około 10 m od siebie.

Dalsze sztolnie (peryferyjne) położone są w odległości od 50 do 500 m od głównych zespołów kopalnianych, większość z nich usytuowana jest w bocznych dolinach rozcinających południowe zbocze Longyear dalen, a poniżej ich wlotów znajdują się dużych rozmiarów hałdy.

Szczególną uwagę zwrócono na dwie sztolnie położone w odosobnieniu, na północnym zboczu Longyear dalen. Są to prawdopodobnie obiekty bardzo małe, dokumentujące najstarszy okres działalności górniczej w tym rejonie. Wskazują na to nikłe rozmiary hałd oraz – w przypadku jednej z nich – objęcie jej filarem ochronnym późniejszej kopalni Gruve 1b.

Prawie wszystkie sztolnie głębiono w tym samym poziomie stratygraficznym – w pokładzie Longyear, tylko jedna ze sztolni bocznych (w polu Gruve 2b) usytuowana jest wyżej – w pokładzie Svarteper.

Wszystkie zbadane sztolnie są niestety niedostępne, przyczyny tego są trojaki. W niektórych przypadkach doszło do zwykłego zawalenia się przywejściowych odcinków wyrobisk – niestabilnych, bo prowadzonych w strefie rumoszu zboczowego. Świadectwem tego zjawiska są nisze zapadliskowe nad wlotami. Niekiedy wloty sztolni zostały całkowicie zasłonięte materiałem skalnym w wyniku intensywnych powierzchniowych ruchów masowych, charakterystycznych dla obszarów górskich klimatu polarnego. Jeszcze inne wyrobiska zostały zablokowane wskutek oddziaływania innego czynnika, będącego konsekwencją tutejszego klimatu – permafrostu. W odległości kilku metrów od wlotów występują w nich pionowe ściany warstwowanego, litego lodu.

Zwraca uwagę brak znacznych hałd poniżej głównych zabudowań kopalnianych – wyjątkiem jest Gruve 2b. Jest to zapewne konsekwencją wykorzystania materiału płonnego do podtrzymywania ruchu systemu odstawy urobku do portu (por. rozdz. 3.1). W przypadku sztolni peryferyjnych można zauważyć zależność wzrastających rozmiarów hałd od odległości pomiędzy sztolnią, a głównym zespołem kopalnianym.

Specyficzne skrzyniowe konstrukcje drewniane zabudowane na wlotach niektórych sztolni umożliwiały prawdopodobnie korzystanie z tych wyrobisk w warunkach zimowych, przy zakryciu terenu grubą pokrywą śniegu oraz wspomagały wentylację kopalni.

Dwie hałdy, mimo panującego w górotworze permafrostu, są okresowo infiltrowane wodami roztopowymi, a u ich stóp pojawiają się intensywne wypływy o charakterze odcieków kopalnianych.

Literatura

- AMUNDSEN B., *Ny kullgruve i Lunckefjellet*. Svalbard Posten, nr 10 (60), 7.03.2008, Longyearbyen.
- AMUNDSEN B., *Går inn for Gruve 3 som museum*. Svalbard Posten, nr 43 (61), 30.10.2009, Longyearbyen.
- BIRKENMAJER K., FRANKIEWICZ J.K., WAGNER M., *Late Proterozoic anthracite coals from the Hornsund area, south Spitsbergen*. Polish Polar Research, 13. 1992.
- BIRKENMAJER K., GMUR D., *Coals of the Calypsostranda Group (Peleogene) at Bellsund, Spitsbergen*. Studia Geol. Pol., vol. 133. 2010.
- CHOCHOROWSKI J., *Odkrywcy i grabieżcy Spitsbergenu*. Alma Mater. Miesięcznik Uniw. Jagiell. 99. 2008.
- ENCYKLOPEDIA Geograficzna Świata. T. V Europa. Pr. zb. Wydawnictwo OPRESS. Kraków. 1996.
- GABZDYL W., *Geologia złóż węgla. Złóża Świata*. Polska Agencja Ekologiczna. Warszawa. 1994.
- GAWOR Ł., DOLNICKI P., *Zabytki techniki górniczej i obiekty dziedzictwa kulturowego Spitsbergenu (Svalbard, Arktyka)*. Przegl. Gór. 7–8, 74–77, 2010.
- GAWOR Ł., DOLNICKI P., *Abandoned mining sites as geotourist attractions of Isfjorden area (Svalbard)*. 11. Altbergbau-Kolloquium und 7. Konferenz Erbe und Geschichte des Bergbaus. VGE Verlag GmbH. Essen. 2011.

- HARLAND W.B., *The Geology of Svalbard*. Geol. Soc. Memoir No. 17, Geol. Soc., London, 1997.
- JAHN A., Współczesne procesy geomorfologiczne w Longyeardalen, Spitsbergen. Polska wyprawa na Spitsbergen w 1974r. Materiały z Sympozjum Spitsbergeńskiego, Wrocław, 11–12 kwietnia 1975r. 1977.
- KNUDSEN E., YRI H., T. *Teknisk industrielle kulturminner i Longyearbyen med omegn. Verneverdi og forvaltning*. Rapportserie Nr. 1/2010. Wyd. Sysselmannen på Svalbard. Longyearbyen. 2010 (dostępne: <http://www.snsk.no/>).
- MAPA topograficzna Svalbard 1:100000, ark. C9 Adventdalen. Norsk Polarinstitut. Tromsø. 2008.
- PIEPJOHN K., STANGE R., JOCHMANN M., HÜBNER Ch., *The geology of Longyearbyen*. Wyd. Longyearbyen feltbiologiske forening. Longyearbyen. 2012.
- STANGE R., *Spitsbergen Svalbard. A complete guide around the arctic archipelago*. Wyd. Druckerei Karl Keuer. 2012.
- SVALBARD POSTEN, rubryka Historiske bilder, nr 27 (62), 16.07.2010. Longyearbyen.
- TREATY BETWEEN Norway, The United States of America, Denmark, France, Italy, Japan, the Netherlands, Great Britain and Ireland and the British overseas Dominions and Sweden concerning Spitsbergen signed in Paris 9th February 1920. Tekst Traktatu Spitsbergeńskiego. Dostępny na <http://www.lovdato.no/info/lawdata.html> – LOVDATA, baza danych norweskich aktów prawnych. Witryna Wyd. Prawa Uniw. w Oslo. 2013.
- www.arcticugol.ru – witryna internetowa przedsiębiorstwa (rpect) Arktikugol. 2013.
- www.snsk.no – witryna internetowa przedsiębiorstwa Store Norske Spitsbergen Kulkompani AS. 2013.
- www.svalbardmuseum.no – witryna internetowa Svalbard Museum. 2013.

RELICS OF COAL MINING AND STATE OF THEIR PRESERVATION IN POLAR CLIMATE – LONGYEARBYEN, SVALBARD

Basic geographical, geological and historical information on Svalbard (with particular emphasis on geology and the history of exploitation of coal) were presented. The study of literature and the results of field investigations carried out in the Longyeardalen valley (West Spitsbergen, Longyearbyen) were showed. The fieldwork consisted: I) penetration of mining fields of mines No. 1, 1b, 2, 2b (and roughly No. 4), II) location of adits and remains of the adits, determination of approximate parameters of these works, and their state of preservation and accessibility, III) characteristics of remains of mine's buildings and dumps.

In Longyeardalen 20 tunnels (or their remains) were found. They are located inside the main mine units (shown on many maps) or beyond – even at a distance of over 500 m. Almost all adits were tunelled at the same stratigraphic level, corresponding to the seam Longyear. Only one of the peripheral adits in Gruve 2b is located above – in Svarteper seam. Particular attention was paid to two small underground works located on the N slope of Longyeardalen. They are probably the oldest preserved tunnels in the area, which have not been changed by later mining activity.

Examining all tunnels were not available. Their inlets collapsed, have been covering up with the stone material as a result of extensive surface mass movements, or their initial parts are filled to the roof with compact, banded ice. At inlets of several tunnels can watch specific wooden constructions, which probably allowed use of the excavations in the winter, when snow covered the area.

There are no big dumps in the vicinity of main mine units – except of Gruve 1b, while such heaps occur by the peripheral adits. Two of banks, despite the ruling of permafrost, generate periodic flows in a form of mine effluents.

A complete, well-preserved complex of mine buildings and a number of items of mining equipment can be observed only in the case of Gruve 2b. The buildings of Gruve 1 are maintained in a rudimentary state, other mine's buildings are completely destroyed.