

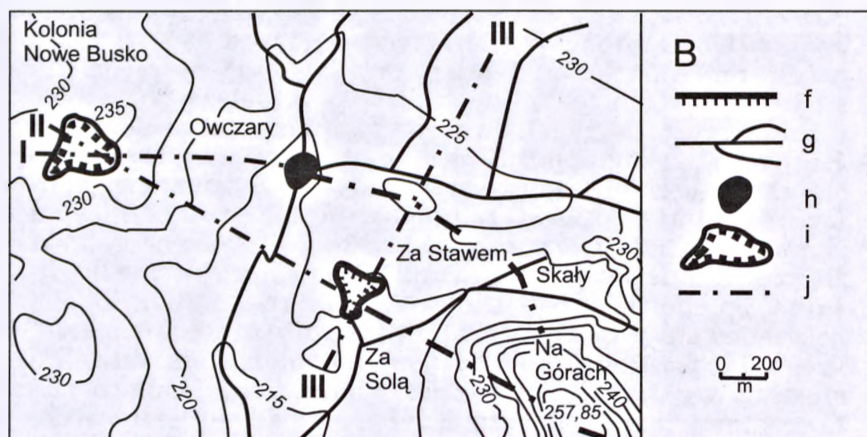
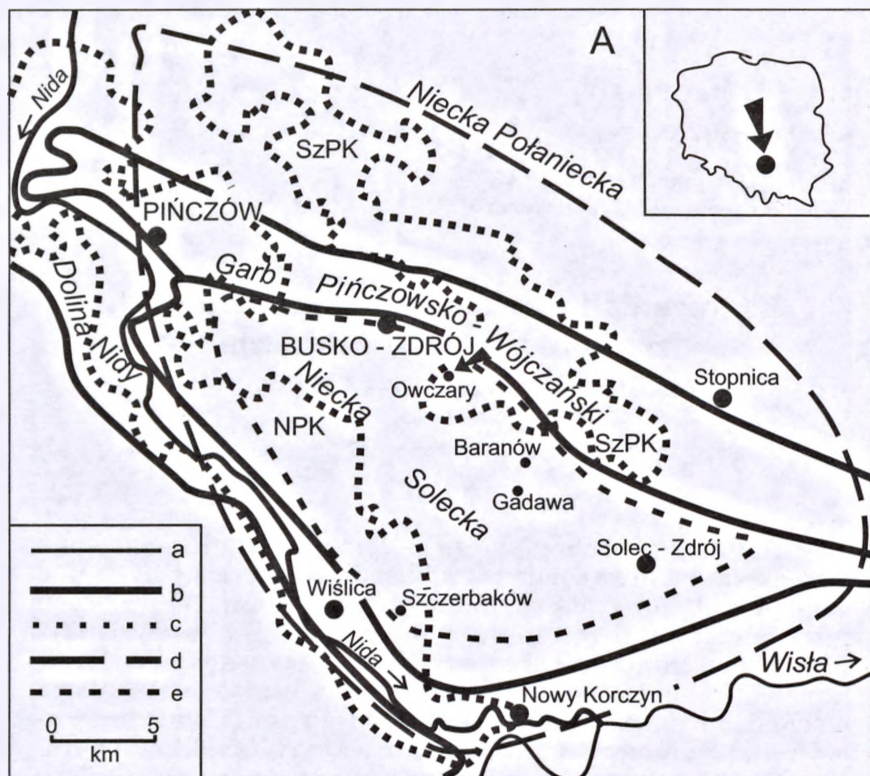
ADAM LAJCZAK

Institut Ochrony Przyrody PAN
31-120 Kraków, al. A. Mickiewicza 33

Zagrożenia i ochrona źródeł mineralnych na Ponidziu na przykładzie rezerwatu przyrody „Owczary”

Wstęp

Południowo-wschodnia część Niecki Nidziańskiej, zwana Ponidziem, stanowi jeden z najbardziej interesujących pod względem hydrograficznym obszarów w Polsce. O walorach przyrodniczych tego terenu w dużym stopniu decydują wpływy wód mineralnych, na ogół chlorkowo-sodowo-siarczkowych, koncentrujące się na obszarze w kształcie trójkąta na wschód od dolnej Nidy między Pińczowem, Nowym Korczynem i Stopnicą (ryc. 1). Niektóre z tych obiektów hydrograficznych są położone na terenie Nadnidziańskiego Parku Krajobrazowego (NPK) i Szanieckiego Parku Krajobrazowego (SzPK). Ochroną rezerwatową objęto od 1959 r. tylko źródła mineralne pod Owczarami z bogatym do niedawna siedliskiem roślin halofilnych. Źródła te należą do najbardziej znanych na Ponidziu i opisywanych już od początku XIX w. W zabagnionej niecce ze źródłami i rozlewiskami stagnującej słonej wody występowały do niedawna następujące gatunki halofitów: zamętница błotna trzoneczkowata *Zannichelia palustris* subsp. *pedicellata*, sitowiec nadmorski *Bulboschoenus maritimus*, mannica odstająca *Puccinellia distans*, muchotrzew solniskowy *Spergularia salina*, łoboda oszczepowata typowa *Atriplex prostrata* subsp. *prostrata*, komonica wąskolistna *Lotus tenuis*, komonicznik skrzydlastostrąkowy *Tetragonolobus maritimus*. Przy źródłach pod Owczarami miała ponadto jedyne śródładowe stanowisko w Polsce rupia morska *Ruppia maritima*, występował tu



także przewiercień cienki *Bupleurum tenuissimum* (Medwecka-Kornaś 1952) – zob. ryc. na s. III okładki niniejszego zeszytu.

Źródła mineralne Ponidzia od dawna stanowią przedmiot zainteresowania, głównie hydrogeologów i botaników. W literaturze zwraca się uwagę na fakt, iż region ten to, po wybrzeżu Morza Bałtyckiego oraz niektórych miejscach na Kujawach i Podkarpaciu, jeden z czterech obszarów naturalnego występowania halofitów w Polsce. Od około 30 lat obserwuje się jednak tutaj stopniowy zanik tych gatunków, świadczący o niekorzystnych zmianach hydrograficznych w rejonie wpływów wód mineralnych (Trzcicka-Tacik 1988, 1995). W ostatnich latach również w literaturze z zakresu hydrogeologii pojawiają się informacje o degradacji źródeł mineralnych tego obszaru (d'Obyrn 1991). Sytuacja ta wywołana jest eksploatacją wód na terenie uzdrowisk Busko-Zdrój i Solec-Zdrój oraz pracami odwadniającymi w otoczeniu źródeł. Na niekorzystne zmiany stosunków wodnych w otoczeniu źródeł na Ponidziu i częściowy zanik roślinności halofilnej najwcześniej zaczęto zwracać uwagę w rezerwacie przyrody „Owczary” (Trzcicka-Tacik 1988, 1995, Łajczak 1999).

Celem pracy jest wyjaśnienie funkcjonowania źródeł mineralnych pod Owczarami, omówienie przyczyn ich zaniku i towarzyszącej im roślinności halofilnej, a także zaproponowanie działań prowadzących do rewitalizacji siedliska tych roślin.

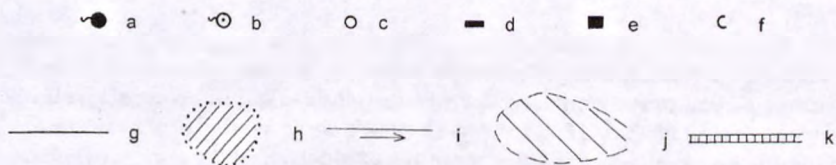
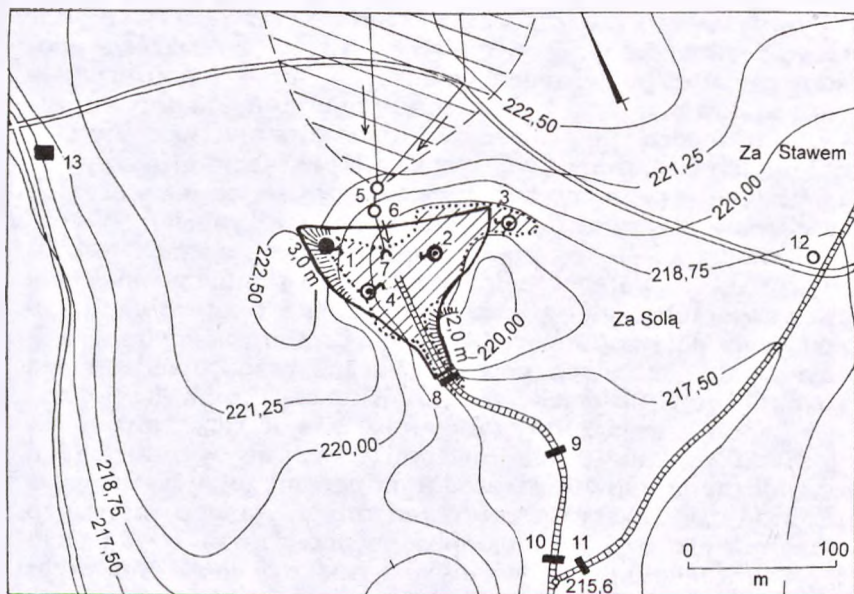
Ryc. 1. A – Obszar występowania źródeł mineralnych na Ponidziu, B – położenie źródeł pod Owczarami: a – rzeki, b – granice jednostek geomorfologicznych, c – granice parków krajobrazowych (NPK – Nadnidziański PK, SzPK – Szaniecki PK), d – zasięg obszaru występowania źródeł mineralnych, e – obszar o największym zagęszczeniu źródeł mineralnych, f – granice rezerwatu przyrody „Owczary”, g – niewielkie cieki, h – staw, i – wyrobisko cegielniane, j – przekroje geologiczno-topograficzne i ich numery (I–III). – A – area of mineral sources occurrence in Ponidzie, B – location of sources near Owczary: a – rivers, b – borders of geomorphological units, c – borders of landscape parks (NPK – Nadnidziański Landscape Park, SzPK – Szaniecki Landscape Park), d – extent of the area of mineral sources occurrence, e – extent of the main area of mineral sources occurrence, f – borders of Owczary Reserve, g – small water courses, h – water body, i – brick-yard, j – geological-topographic profiles and their number (I–III)

Materiały i metody badań

Opracowanie jest oparte na literaturze, głównie z zakresu hydrogeologii. Wzięto pod uwagę zarówno najnowsze prace, jak i informacje opublikowane od początku XIX w. W szerokim stopniu uwzględniono wyniki badań terenowych przeprowadzonych w 1999 r. na zlecenie Zarządu Świętokrzyskich i Nadnidziańskich Parków Krajobrazowych (Łajczak 1999). W pracy wykorzystano także materiały archiwalne oraz informacje uzyskane na podstawie wywiadu z miejscową ludnością. Zasięg badanego obszaru wokół rezerwatu oraz rozmieszczenie punktów kontrolnych przedstawiono na ryc. 2. Zakres badań objął:

- kartowanie geomorfologiczne i hydrograficzne rezerwatu i jego otoczenia,
- płytkie wiercenia świdrem glebowym do stropu ilów krakowieckich, gipsów lub margli kredowych,
- obserwacje wilgotności przypowierzchniowej warstwy gruntu,
- powtarzane pomiary temperatury, wydajności, pH i przewodnictwa elektr. wód oraz pobór 1 l prób wody w wytypowanych 13 punktach kontrolnych. Temperaturę wody mierzono termometrem rtęciowym z dokładnością 0,1°C, pH mierzono pehametrem cyfrowym CP-215, przewodnictwo elektr. konduktometrem cyfrowym CC-215.

Pomiary terenowe prowadzono od początku maja do końca października. Próby wody pobrano w następujących terminach nawiązujących do różnych warunków pogodowych: 10 lipca, 15 sierpnia, 16 września (każdy z tych terminów cechował się wysoką temperaturą powietrza i niską zawartością wilgoci w glebie), 8 października (ciepło po 3-dniowych obfitych opadach), 22 października (chłodno, sucho). 29 września pobrano tylko jedną próbkę wody z głównego źródła w celu zbadania większej liczby jonów. W tym terminie o przeciętnych w okresie badań warunkach termiczno-wilgotnościowych ustalono stężenie następujących jonów: Cl^- , Na^{2+} , SO_4^{2-} , Fe^{3+} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , zmierzono także pH, przewodnictwo elektr., ustalono suchą pozostałość i twardość ogólną. Temperaturę wody we wszystkich punktach kontrolnych mierzono dodatkowo w innych terminach, także po kilka razy w ciągu doby przy różnej temperaturze powietrza w celu uzyskania informacji o zakresie jej wahań.



Ryc. 2. Rozmieszczenie stanowisk kontrolnych w rejonie występowania źródeł mineralnych pod Owczarami: a – stałe źródło mineralne, b – okresowe źródła mineralne, c – studzienki melioracyjne, d – profile badawcze na ciekach, e – studnia gospodarcza, f – wypływ wód z odwodnienia drenarskiego, g – granica rezerwatu, h – zasięg obszaru podmokłego w rezerwacie, i – przebieg głównych ciągów drenarskich i kierunki odwodnienia, j – zasięg obszaru zmeliorowanego, k – rowy odwadniające. Numeracja stanowisk kontrolnych jak w tab. 1. – Location of control stations in the area of mineral sources occurrence near Owczary: a – permanent mineral source, b – periodical mineral sources, c – drainage wells, d – study profiles on water courses, e – domestic well, f – discharge water from drainage pipes, g – border of reserve, h – extent of marshy area in reserve, i – course of main drainage pipes and directions of drainage, j – extent of drained area, k – drainage ditches. Number of control stations as in Table 1

Badania stanu uwilgocenia terenu objęły obserwacje zasięgu rozlewiska wody w obrębie rezerwatu w okresie wiosennym oraz po letnich i jesiennych opadach, obserwacje zmian stanu wody w rowie melioracyjnym na terenie rezerwatu i poza nim, obserwacje wahań stanu wody w studzienkach melioracyjnych w sąsiedztwie rezerwatu. Zwracano uwagę, czy zachodzi wypływ wody z rur drenarskich w obrębie rezerwatu (po opadach i w jakiej ilości). W celu zorientowania się w możliwościach infiltracyjnych gruntu wykonano za pomocą cylindra Burgera pomiary wsiąkania na powierzchni gleby i we wkopach na różnych głębokościach aż do stropu ilów (przy ich płytkim zaleganiu). Pomiary takie w celach porównawczych przeprowadzono na różnych głębokościach w wyrobisku cegielnianym położonym w odległości 1 km w kierunku NW od rezerwatu.

Zanalizowano także nie opublikowane wyniki badań chemicznych głównego źródła mineralnego w rezerwacie przyrody „Owczary” przeprowadzonych we wcześniejszych latach, które zostały udostępnione przez mgra T. Mateńkę, hydrogeologa z „Uzdrowiska Busko-Solec”, oraz przez Zarząd Świętokrzyskich i Nadnidziańskich PK.

Prof. dr hab. A. Medweckiej-Kornaś z Instytutu Botaniki UJ dziękuję za udostępnienie fotografii źródeł z florą halofitów pod Owczarami z okresu przed rozpoczęciem prac odwadniających oraz za życzliwe uwagi, a prof. dr hab. H. Trzciskiej-Tacik za literaturę i informacje udzielone podczas wizytacji terenowej źródeł. Dziękuję mgrowi T. Mateńce za udostępnienie wyników analiz chemicznych głównego źródła mineralnego w rezerwacie „Owczary” oraz za uwagi i literaturę, Regionalnemu Zarządowi Melioracji Wodnych w Busku-Zdroju za informacje dotyczące wykonanych prac odwodnieniowych w sąsiedztwie rezerwatu, a mgrowi inż. J. Urbano wi z Instytutu Ochrony Przyrody PAN w Krakowie za wskazanie literatury oraz za uwagi. Panu T. Kyseli z Zakładu Biologii Wód PAN w Krakowie dziękuję za wykonanie analiz chemicznych wód.

Zarys historii badań źródeł mineralnych pod Owczarami

Źródła mineralne na Ponidziu interesowały ludzi już w zamierzchłych czasach. Na podstawie obserwacji zachowań dzikiej zwierzyny, a później zwierząt hodowlanych nasi przodkowie zwrócili uwagę na dużą przydatność sola-

nek. W średniowieczu na Poniidziu hodowano liczne stada koni, do początków XX w. dużą liczbę owiec i kóz, a do dzisiaj – bydła. Obszarem znanym od dawna z hodowli m.in. owiec są okolice badanego rezerwatu przyrody „Owczary”. Częste zlizywanie przez zwierzęta słonej wody i zgryzanie darni w otoczeniu źródeł ułatwiało rozprzestrzenianie się światłolubnej roślinności halofilnej. Miejsca odwiedzane w takim celu przez zwierzęta określano „lizawkami”, co zostało utrwalone w nazewnictwie tego terenu, także w okolicach Owczar.

Pierwsze historycznie udokumentowane informacje o źródłach mineralnych na Poniidziu dotyczą samowypływów słonych wód pod Buskiem (Herman, Gągól 1992, Gągól 1995, Gągól, Herman 1996). W 1252 r. książę Bolesław Wstydlivy nadał zakonowi norbertanów w Busku prawo warzenia soli. Wodę do produkcji soli pozyskiwano ze źródeł mineralnych znajdujących się na gruntach klasztornych na południe od miasta (na terenie obecnego uzdrowiska).

Pierwszy naukowy opis źródeł mineralnych na Poniidziu dotyczący wypływów w okolicach Buska i pod Owczarami sporządził Jan Filip Carossi, który z rozkazu króla Stanisława Augusta Poniatowskiego w 1778 r. zaczął prowadzić badania na tym obszarze w celu znalezienia soli kamiennej. W końcu XVIII w. i na początku XIX w. przy słonych źródłach, m.in. pod Buskiem, Owczarami, Szczerbakowem i Gadawą wydrążono głębokie szyby, nigdzie jednak nie natrafiono na jej pokłady. Na początku XIX w. zmineralizowana woda wypływająca w okolicach Buska, czerpana XVIII-wiecznymi szybami górniczymi, znalazła zastosowanie w lecznictwie. Od 1836 r. notuje się tu szybki rozwój uzdrowiska. Równocześnie pozyskiwano coraz większe ilości wód mineralnych z licznych odwiertów (Gągól 1995, Gągól, Herman 1996, Herman, Mateńko 1999).

Badania wód mineralnych na Poniidziu, głównie w okolicach Buska, zostały zapoczątkowane przez Berendsa (1834), Kontkiewicza (1882), Kosińskiego (1884) i Puscha (1903), do połowy XX w. kontynuowane były m.in. przez Rosłońskiego (1929) i Łyczewską (1957). W ostatnich latach wodami mineralnymi na tym terenie zajmowali się: Kulikowska (1975, 1976, 1979), Szczepański i in. (1985), d'Obyrn (1990, 1991), Zuber, Grabczak (1991), Herman, Gągól (1996), Zuber i in. (1996, 1997), Herman, Mateńko (1999). Skład chemiczny wód mineralnych z okolic Buska zbadano po raz pierwszy w 1832 r., a do końca XIX w. wyniki takich analiz zostały opublikowane

już przez dziewięciu autorów (Gągół 1995). Od 1834 r. szczegółowej analizie poddawano także właściwości medyczo-balneologiczne tych wód. Pierwsze informacje o składzie chemicznym głównego źródła mineralnego pod Owczarami zawdzięczamy Jerzemu Bogumiłowi Puschowi, dane z lat 1833–1836 (Pusch 1903). Ówczesne analizy wskazywały na chlorkowo-sodowy skład chemiczny wód i były zbliżone do wyników współczesnych analiz. Hydrodynamikę wód mineralnych w okolicach Buska zaczęto badać w końcu XIX w. (Gągół 1995). Od początku badań solanek buskich większość badaczy przyjmowała tezę, że tworzą się one w wyniku rozpuszczenia soli rozproszonej w utworach skalnych wieku miocenijskiego. Natomiast Czarnocki w latach 20. sformułował hipotezę, co później potwierdziły wiercenia, że wody te pochodzą głównie z utworów starszych (za: Gągół 1995). Badania izotopowe oraz zawartości gazów szlachetnych przeprowadzone w ostatnich 20 latach wskazują na paleoinfiltracyjny charakter wód mineralnych w Niece Nidziańskiej (Zuber, Grabczak 1991, Osenbrück i in. 1993, Zuber i in. 1996, 1997). Wiek wód z utworów kredowych i trzeciorzędowych oszacowano na 90–270 tys. lat, a z utworów jurajskich na 2 mln. lat.

Źródła mineralne pod Owczarami stanowią również przedmiot zainteresowania botaników. O występowaniu tam halofitów już na początku XX w. pisał Dziubałtowski (1916). Zostały one dokładnie zbadane przez Medvecką-Kornąś (1952); autorka scharakteryzowała strefowość zbiorowisk roślinnych w sąsiedztwie źródeł uzależnioną od stężenia soli w podłożu. Zbiorowiska roślinne w rezerwacie przyrody „Owczary” opisała także Misztal (1979). W ostatnich latach dużo uwagi zmianom w rozmieszczeniu halofitów na Ponidziu, z szerokim uwzględnieniem rezerwatu „Owczary”, poświęca Trzcicka-Taciak (1988, 1995). Autorka ta zwraca uwagę na zmniejszanie się liczby gatunków roślin halofilnych spowodowane wysładaniem ich siedlisk, a w pobliżu źródeł w wyniku prac osuszających i zaniku wpływów wód mineralnych.

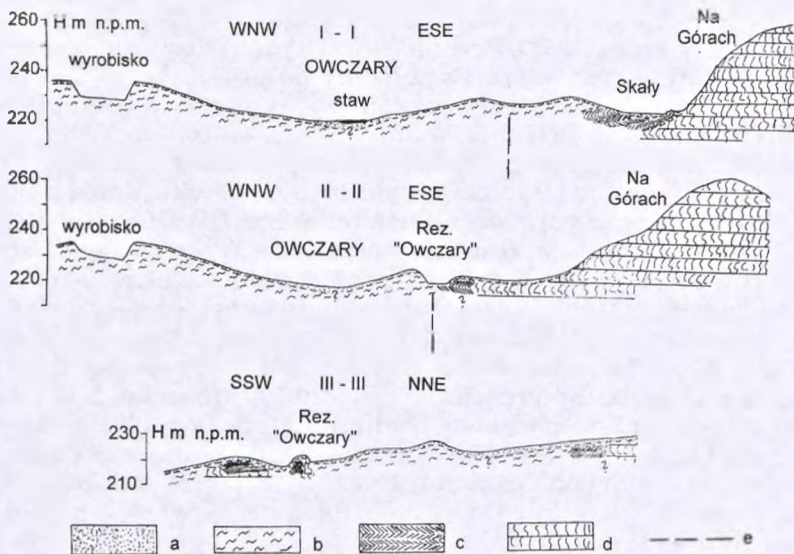
Położenie źródeł na tle budowy geologicznej i rzeźby terenu

Omawiane źródła mineralne znajdują się na terenie SzPK na południowy wschód od Owczar (ryc. 1B). Położone są one na wysokości 220 m n.p.m. wśród pól uprawnych, łąk i pastwisk.

Omawiana część Ponidzia ma budowę fałdowo-zrębową (R u t k o w s k i 1986). Przebieg głównych struktur geologicznych jest na tym obszarze zbliżony do osi fałdów w Górach Świętokrzyskich. Strefy uskokowe o częstym przebiegu WNW–ESE oraz NNE–SSW mają stare założenia i były odmladzane jeszcze w miocenie. Do najważniejszych stref dyslokacyjnych na Ponidziu zalicza się uskoki Radzanowa i Korczyzna oraz poprzeczne uskoki Solca, Owczar i Skotnik. Główne uskoki na długich odcinkach wyznaczają zasięg Garbu Pińczowsko-Wójczańskiego (zwanego także Garbem Pińczowskim) – najwyższej wzniesionej jednostki geomorfologicznej na obszarze między Nidą a Czarną (C a b a j, N o w a k 1986, K o n d r a c k i 2000). Obszary położone na północ od garbu (Niecka Połaniecka), na południe (Niecka Solecka) i zachód (Dolina Nidy) są wzniesione średnio 100 m niżej. Cokół Garbu Pińczowsko-Wójczańskiego budują margle kredowe, na których leżą detrytyczne wapienie miocenijskie. W obrębie tej jednostki geomorfologicznej w trzech miejscach w sąsiedztwie uskoków na wschód i północ od Buska-Zdroju odsłaniają się wapienie jurajskie. Miąższosć serii gipsowej osiąga na Ponidziu średnio 30 m i dochodzi do 55 m. Osady te zajmują dużą powierzchnię w Niecce Soleckiej i Niecce Połanieckiej, natomiast na wierzchołku Garbu Pińczowsko-Wójczańskiego niewielki obszar. W Niecce Soleckiej na gipsach zalegają ily krakowieckie, których miąższosć zwiększa się w kierunku doliny Wisły.

W sąsiedztwie źródeł pod Owczarami odsłaniają się utwory węglanowe wieku górnokredowego i miocenijskiego. Gipsy zachowały się w obniżeniach terenu, m.in. na północ od wzgórza o nazwie „Na Górach”, w miejscu zwanym „Skały”. W okolicy źródeł przebiega wschodnia granica zasięgu płata iłów krakowieckich (ryc. 3). Warstwa osadów czwartorzędowych (gliny i piaski) nie przekracza 1 m grubości i tylko w dnach obniżeń ma miąższosć większą od 3 m. Położenie omawianych źródeł jest związane z przebiegiem uskoków Radzanowa i Owczar, które krzyżują się w pobliżu miejscowości Owczary (R u t k o w s k i 1986, H e r m a n, G ą g o l 1996).

Obszary wzniesione powyżej 250 m n.p.m. i o deniwelacjach większych od 50 m, należące do Garbu Pińczowsko-Wójczańskiego, otaczają źródła pod Owczarami od północy i wschodu w odległości około 2 km. Natomiast obszar położony w promieniu 0,5 km od źródeł odznacza się rzeźbą falistą



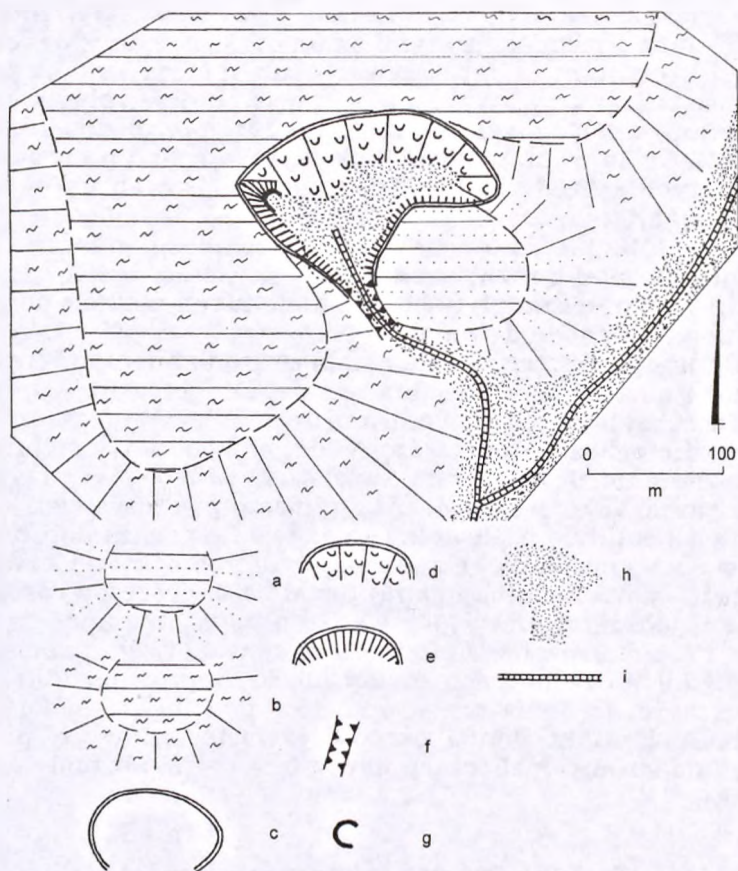
Ryc. 3. Schematyczne przekroje geologiczno-topograficzne przez obszar występowania źródeł mineralnych pod Owczarami: a – utwory czwartorzędowe, b – iły krakowieckie, c – gipsy, d – margle kredowe, e – strefy uskokowe. Przewyższenie 10-krotne. Przebieg linii przekrojowych przedstawia ryc. 1. – Schematic geological-topographic profiles through the area of mineral sources occurrence near Owczary: a – Quaternary deposits, b – Krakowiec series, c – gypsum, d – cretaceous marl, e – fault zones. Ten-fold exaggeration. For location of the profiles – see Fig. 1

o deniwelacjach do 10 m. Na tym obszarze wyróżniono następujące formy terenu (ryc. 4):

a) płaską wierzchowinę o charakterze stoliwa z łagodnie opadającymi stokami. Na zachód i północ od źródeł forma ta jest zbudowana z ilów krakowieckich, a na wschód i południe od nich – z gipsów. Starsze utwory są przykryte glinami i piaskami czwartorzędowymi,

b) nieckę denudacyjną szerokości 150 m i maksymalnej głębokości 6 m odwadnianą w kierunku południowym. W obrębie niecki wyróżniono:

- łagodnie nachylone zbocza północne zbudowane z przemieszczonych z wierzchowiny piaszczystych osadów,
- strome zbocza zachodnie i wschodnie wysokie do 3 m,
- niszę źródłową, w której występuje główne źródło,



Ryc. 4. Szkic geomorfologiczny rezerwatu przyrody „Owczary”: a – wierzchowiny na podłożu gipsów pokryte utworami czwartorzędowymi, b – wierzchowiny na podłożu ilów krakowieckich pokryte utworami czwartorzędowymi, c – zasięg niecki źródłowej, d – łagodnie nachylone zbocze niecki, e – strome zbocza niecki, f – przełom poniżej niecki, g – niszka źródłowa ze stałym źródłem mineralnym, h – płaskie dno niecki oraz płytkich dolinek, i – ciekii ujęte rowami melioracyjnymi. – Geomorphological sketch of the Owczary Reserve: a – flat-topped hills on gypsum overlaid by Quaternary deposits, b – flat-topped hills on the Krakowice series overlaid by Quaternary deposits, c – extent of source basin, d – slightly inclined basin slopes, e – steep basin slopes, f – gorge below basin, g – source niche with permanent mineral source, h – flat bottom of basin and shallow valleys, i – drainage ditches

– płaskie lekko nachylone ku południowi dno niecki wyścielone przemieszczonymi z północnych zboczy utworami piaszczystymi z dużą zawartością materii organicznej (obszar zabagniony). W dnie niecki występują wypływy wód mineralnych. Deniwelacje w zachodniej części dna niecki osiagające 0,5 m prawdopodobnie stanowią ślad po pracach górniczych sprzed 200 lat. Przez niekę prowadzi rów odwadniająca,

c) wylot z niecki o charakterze przełomu pomiędzy płaskimi pagórami o różnej budowie,

d) osuszone dna płytkich płaskodennych dolinek na południowy wschód od źródeł.

Budowa i ukształtowanie niecki ze źródłami mineralnymi wskazuje na jej peryglacialną genezę. Długotrwały wypływ wód ascensyjnych pod Owczarami uwarunkowany tektonicznie i litologicznie, ograniczony do niewielkiej i stabilnej przestrzennie powierzchni, zwiększał uwilgocenie przypowierzchniowej warstwy gruntu gliniasto-piaszczystego, który ulegał soliflukcji. Powolne spelżywanie gruntu doprowadziło do wypreparowania niecki, w obrębie której czwartorzędowy nadkład (nad łąkami) został przemieszczony w kierunku południowym w przewadze poza wymieniony przełom. Przemieszczanie się materiału spowodowało podcięcie wschodnich i zachodnich zboczy niecki, doprowadziło także do erozyjnego obniżenia stropu łąk pod dnem tej formy. Obecnie kontakt łąk i osadów czwartorzędowych przebiega na stromych zboczach nawet 5 m wyżej niż pod dnem niecki.

Stosunki wodne w otoczeniu źródeł

W pierwszym opisie źródeł mineralnych pod Owczarami przedstawionym przez P u s c h a w 1903 r., a dotyczącym sytuacji z lat 1833–1836 wymieniano 7 źródeł. Obecnie w niecce występują cztery źródła mineralne o nikłej wydajności, w tym jedno stałe i trzy okresowe. Jeszcze 30 lat temu źródła otaczał trwale podmokły obszar. Przed osuszeniem dna niecki w jej północno-wschodnim narożniku był słony staw zasilany przez jedno ze źródeł. Wspomnieć należy o dwóch tradycyjnych nazwach terenu położonego na wschód od niecki ze słonymi źródłami, które dopiero od niedawna są uwzględniane na mapach topograficznych: „Za Solą” i „Za Stawem”.

Czwartorzędowe gliny i piaski cechują się bardzo dobrą przepuszczalnością, zalegające głębiej ility są najczęściej nieprzepuszczalne. Zwierciadło wód zaskórnych prawie na całym obszarze wokół źródeł zalega płytko i nawiązuje do stropu iłów, natomiast na obszarach występowania gipsów i utworów węglanowych zalega głębiej. Z obserwacji studni gospodarczych i studzienek melioracyjnych wynika, że zwierciadło płytkich wód zaskórnych wykazuje roczne wahania w zakresie do 1 m.

Cieki odwadniające okoliczny teren są ujęte rowami melioracyjnymi głębokości 0,5–1,0 m. Nieco wyżej wzniesione obszary z okresowymi podmokłościami w miejscach płytkiego występowania iłów, np. na północ od niecki źródłowej, zostały osuszone za pomocą rur drenarskich. W centrum miejscowości Owczary jeszcze niedawno był staw rybny. Okresowe oczka wodne występują w dnie wyrobiska cegielnianego w Kolonii Nowe Busko.

Hydrogeologia obszaru

Obszarem zasilania wód podziemnych w rejonie występowania źródeł mineralnych pod Owczarami jest Garb Pińczowsko-Wójczański zbudowany z łatwo przepuszczalnych utworów węglanowych. Prawie zupełny brak iłów umożliwia tam głęboką penetrację podłoża przez wody opadowe. Wody te spływając w kierunku południowym podpływają pod wodoszczelne ility trzeciorzędowe w Niece Soleckiej. Głęboki i daleki tranzyt wód umożliwiają strefy dyslokacyjne. Zwierciadło wody podziemnej pod ildami jest napięte, dlatego źródła na tym terenie zalicza się do lekko artezyjskich (Kulikowska 1979, d'Obyrn 1991, Herman, Gągoł 1996). W przypadku źródeł pod Owczarami za najbardziej prawdopodobne należy przyjąć ich zasilanie z kierunku zbliżonego do północnego, tzn. wzdłuż uskoku Owczar i uskoku Skotnik i przypuszczalnie wzdłuż głównego na tym obszarze uskoku Radzanowa o przebiegu WNW–ESE.

Źródła mineralne na Ponidziu są zasilane głównie przez wody podziemne krążące w utworach skalnych wieku mioceńskiego i kredowego oraz w mniejszym stopniu przez wody z utworów jurajskich (Nawrocka-Rogoż 1964, Herman, Gągoł 1996). Podobny schemat zasilania dotyczy źródeł pod Owczarami. Wody podziemne w utworach wieku

kredowego miały przed rozpoczęciem ich eksploatacji w Busku-Zdroju charakter naporowy i zasilały źródła w pobliżu tego miasta. Już w XIX w. źródła te przestały funkcjonować. Niewykluczone, że od tego czasu zmalała wydajność blisko położonych źródeł w okolicy Owczar. Wody krążące w gipsach i częściowo w utworach wieku kredowego zalicza się do słabo zmineralizowanych o podwyższonych zawartościach jonów SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Lokalnie zawierają one siarkowodor H_2S w ilości do kilkudziesięciu mg/l (Hermań, Gągoł 1996). Głębsze wody z utworów kredowych określa się jako mineralne chlorkowo-sodowo-jodkowo-bromkowo-siarczkowe; o zawartości soli od 3 do 10 g/l zwane są średnio zmineralizowanymi, a od 10 do 20 g/l silnie zmineralizowanymi. Dominują jony Cl^- i Na^{2+} , zawartość jonów Cl^- osiąga 5–7 g/l, a siarkowodoru H_2S 10–105 mg/l. Wody z wapieni jurajskich zalicza się do bardzo silnie zmineralizowanych – solanki (23–73 g/l, zawartość Cl^- 12–41 g/l, Na^{2+} 8–22 g/l), chlorkowo-sodowo-jodkowo-bromkowo-borowo-żelazowych.

Zmineralizowanie źródeł na Ponidziu osiąga różnicowane rozmiary. Większość z nich należy do słabo zmineralizowanych, o zmineralizowaniu średnim i silnym spotyka się rzadziej i do tej grupy zalicza się źródła pod Owczarami oraz w Busku-Zdroju. Wodę o zmineralizowaniu bardzo silnym mają dwa odwierty: Busko-Zdrój i Solec-Zdrój oraz źródło pod Szczerbakowem.

Zagrożenia źródeł wywoływane wydobywaniem wód mineralnych w Busku-Zdroju

Nieodwracalne w długim czasie zagrożenie dla źródeł mineralnych na Ponidziu, prowadzące do zmniejszenia ich wydajności, a nawet zaniku, stanowi eksploatacja wód podziemnych. Obecnie wody mineralne na terenie uzdrowisk Busko-Solec są pobierane w sześciu ujęciach. Do 1952 r. eksploatacja wód miała charakter sezonowy, od 1953 r. odbywa się w sposób ciągły. Dokładne roczne wydobywanie wód mineralnych w Busku-Zdroju znane jest od 1987 r. Od tego czasu wykazywało ono tendencję spadkową – od prawie 70 tys. m³ rocznie u schyłku lat 80. do około 50 tys. m³ na początku lat 90. W 1998 i 1999 r. zbliżyło się ono ponownie do poziomu 70 tys. m³ rocznie. W dotychczasowo-

wym okresie eksploatacji wód mineralnych na Ponidziu największe ich wydobywanie miało miejsce w latach 70. i 80. XX w.

Roczne wydobywanie wód podziemnych w Busku-Zdroju powyżej około 50 tys. m³ prowadzi do obniżania się ich ciśnienia hydrostatycznego, co w konsekwencji ułatwia głębszą migrację zanieczyszczonych wód powierzchniowych. Może to spowodować degradację zbiornika wód mineralnych w utworach kredowych (Zardzewiały 1983, Herman, Gągoł 1996, Półtorak 1999). Rozwój leja depresyjnego wokół ujęć wód w Busku-Zdroju doprowadził w ostatnich 200 latach do zaniku wszystkich samowypływów pod tym miastem zasilanych z piętra kredowego. W zasięgu tego leja, rozwiniętego głównie w kierunku zachodnim, zanikły inne źródła mineralne zasilane zwłaszcza przez płytsze wody podziemne. Lej depresyjny wokół Buska-Zdroju ma ograniczony zasięg w kierunku wschodnim i jego granicę prawdopodobnie wyznacza uskoki Owczar, w pobliżu którego (od wschodu i północy) lokalnie odsłaniają się wapienie jurajskie. Z tego powodu źródła mineralne pod Owczarami od początku eksploatacji wód w pobliskim uzdrowisku nie były zagrożone zanikiem, niewykluczone jednak, że zmalała ich wydajność.

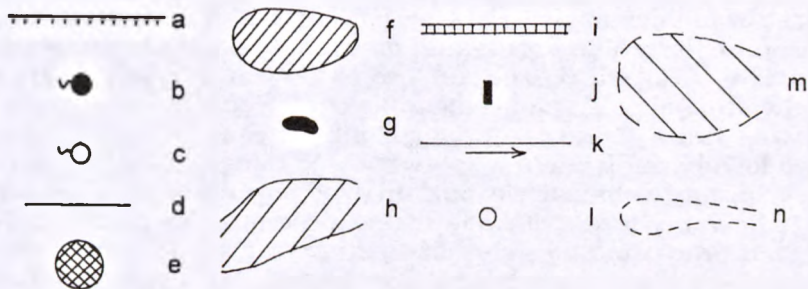
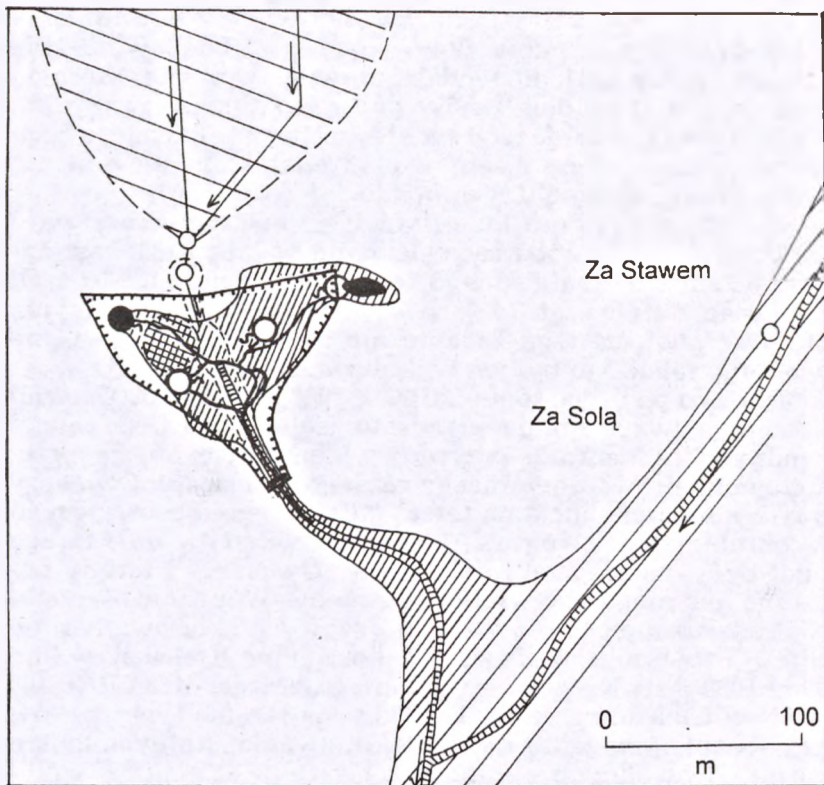
Aktualne roczne wydobywanie wód mineralnych w Busku-Zdroju zbliża się do 75 tys. m³. Jest to wielkość uznana za krytyczną, grożącą dalszym pogłębianiem leja depresyjnego w obrębie płytszych poziomów wodonośnych na znacznym obszarze Ponidzia (Herman, Gągoł 1996). Na tym terenie wytypowano inne miejsca o dużych zasobach wód mineralnych (w pobliżu głównych stref uskokowych), gdzie możliwa będzie ich eksploatacja (Szczepański i in. 1988, Herman, Gągoł 1996). Realizacja tych zamierzeń spowoduje dalszą degradację źródeł mineralnych na Ponidziu. Z przyrodniczego punktu widzenia za szczególnie niekorzystne należy uznać zaproponowane przez d'Obyrna (1991) nowe miejsca ujęć wód mineralnych w pobliżu Owczar w rejonie krzyżowania się stref uskokowych Radzanowa, Owczar i Skotnik. W tej sytuacji zagrożone całkowitym zanikiem mogą być źródła mineralne pod Owczarami, a także pod Baranowem i Gadawą, przy których zachowała się większość z ostatnich siedlisk roślinności halofilnej na Ponidziu (Trzcicka-Tacik 1988, 1995).

Zaawansowanie prac melioracyjnych w otoczeniu źródeł pod Owczarami

Kolejną przyczyną zaniku wielu źródeł mineralnych na Poniidziu lub zmniejszenia ich wydajności są prace zmierzające do osuszenia terenu. Negatywne zmiany w stosunkach wodnych w bagnistej niecce ze źródłami pod Owczarami zostały zapoczątkowane po wykopaniu, po 1945 r., rowu odwadniającego (M e d w e c k a - K o r n a ś 1952).

W 1968 r. wykonano odwodnienie drenarskie obszaru położonego na północ od niecki ze źródłami (ryc. 5). W obrębie tego zadania melioracyjnego wykonano dwa główne ciągi odwodnienia za pomocą rur drenarskich na głębokości 1 m, a także drugorzędne ciągi odwodnieniowe. Woda przepływa przez dwie studzienki melioracyjne, skąd jest kierowana do rezerwatu. Odwadniany obszar ma powierzchnię 2 ha i jest trzykrotnie większy od rezerwatu „Owczary”. Należy zaznaczyć, że wydanie zgody na wykonanie tego zadania melioracyjnego przez urzędy odpowiedzialne za ochronę przyrody w dawnym woj. kieleckim stanowiło naruszenie prawa i narażało na dewastację ścisłego rezerwatu istniejącego już od 1959 r.

Ryc. 5. Antropogeniczne przekształcenia stosunków wodnych w sąsiedztwie źródeł mineralnych pod Owczarami: a – granica rezerwatu, b – źródło stałe, c – źródła dawniej stałe, a obecnie okresowe, d – przypuszczalny przebieg cieków w niecce źródłowej przed osuszeniem terenu, e – przypuszczalne miejsce dawnych prac górniczych, f – obszar podmokły w zasięgu źródeł mineralnych, dawniej stałe, a obecnie okresowo, g – dawny słony staw, h – obszar dawniej podmokły, poza zasięgiem źródeł mineralnych, i – rowy odwadniające, j – niewielka zapora kamienna, k – główne ciągi odwodnienia drenarskiego, l – studzienki drenarskie, m – obszar zdrenowany powyżej rezerwatu, n – obszar okresowo silnie uwilgocony dopływem wód drenarskich. – Man-made changes in water conditions of the area of mineral sources occurrence near Owczary; a – border of reserve, b – permanent source, c – periodical sources that previously were permanent, d – probable course of streams in source basin before drainage, e – probable place of previous mining activity, f – marshy area within the reach of mineral sources, previously permanent now periodical, g – previous saline water body, h – previous wetland area, now beyond the reach of mineral sources, i – drainage ditches, j – little stony dam, k – main drainage pipes, l – drainage well, m – drained area adjacent to reserve, n – area periodically fed by drainage waters



W latach 70. pogłębiono co najmniej do 1 m i wydłużono stary rów odwadniający prowadzący przez nieckę źródłową. Rów ten biegnie od wylotu rur drenarskich aż do cieką na południe od rezerwatu i odprowadza wody z odwodnienia melioracyjnego, a także słone wody ze źródeł. W efekcie obniżyło się zwierciadło wód gruntowych w niecce, która od tego czasu jest podmokła tylko przez kilka miesięcy w roku. Płytkie występowanie wód w dnie niecki jest obecnie związane wyłącznie z dopływem wód drenarskich, głównie na wiosnę i po letnich obfitych opadach.

Kolejnym krokiem ku całkowitej dewastacji rezerwatu „Owczary” była próba zacopowania w latach 80. zastrzykami cementowymi jednego, a według opinii niektórych mieszkańców Owczar – dwóch wypływów wód mineralnych. Motywy podjęcia tego zadania nie są znane autorowi, nie wiadomo także kto był ich wykonawcą.

Dopiero po utworzeniu SzPK w 1986 r. melioranci zaczęli brać pod uwagę opinie przedstawicieli urzędów odpowiedzialnych za ochronę przyrody i domagających się przestrzegania prawa dotyczącego ścisłego rezerwatu. Świadczy o tym korespondencja na temat dalszych prac osuszających w obrębie tzw. obiektu „Pęczelice-Owczary”, do którego miał być włączony także rezerwat „Owczary” i tereny położone od niego na wschód i północ. W piśmie Zarządu Nadnidziańskich Parków Krajobrazowych skierowanym do Biura Projektów Wodnych Melioracji w Kielcach w dn. 09.11.1988 r. stwierdzono, że zgodnie z uchwałą nr XVII/187/86 WRN w Kielcach z dn. 19.12.1986 r. na terenie tych parków krajobrazowych zakazuje się dokonywania istotnych zmian stosunków wodnych, ogranicza się wszelką działalność wpływającą na niekorzyść chronionego tą ustawą krajobrazu. Zarząd Nadnidziańskich Parków Krajobrazowych negatywnie ocenił dalsze plany osuszania otoczenia rezerwatu „Owczary”. W uwagach do założeń projektowych przyszłych prac odwadniających w obrębie obiektu „Pęczelice-Owczary” stwierdzono już, że przeprowadzone wcześniej działania spowodowały zanik wielu wypływów wód mineralnych w rezerwacie, gdyż obniżył się poziom wody gruntowej w niecce źródłowej. Zaczęto stawiać trafne prognozy, że postęp dalszych prac osuszających może przyczynić się do zaniku pozostałych słonych źródeł pod Owczarami. Jak z tego wynika, środowisko meliorantów zaczęło dostrzegać wagę problemu i pośrednio przyznało się do błędu, jakim była drastyczna zmiana stosunków wodnych w rezerwacie „Owczary”.

W drugiej połowie lat 90., po zmianie w 1995 r. statusu rezerwatu ze ścisłego na częściowy, podjęto próbę poprawy stosunków wodnych w jego obrębie. Wybudowana w tym czasie kamienna niewielka zaporą przy wylocie rowu melioracyjnego z rezerwatu miała doprowadzić do trwałego zwiększenia uwilgocenia dna niecki źródłowej. Nie spełnia ona jednak oczekiwanej roli, gdyż podpiętrza wodę w silnie wypłyconym i zarośniętym trzciną rowie tylko przez część sezonu wegetacyjnego, kiedy do niecki dopływa woda o niewielkim zmineralizowaniu z odwodnienia drenarskiego. W okresach bezopadowych, kiedy zwierciadło wody w dnie niecki zalega nawet na głębokości 2 m, słone wody ze źródeł przepływają drogą podpowierzchniową i są drenowane przez rowy melioracyjne.

Na obecnym etapie wiedzy o stosunkach wodnych omawianego obszaru można stwierdzić, że główną przyczyną osuszenia rezerwatu „Owczary” są prace przeprowadzone w minionych 32 latach. Niewykluczone, że w następnych latach nastąpi dalszy spadek wydajności źródeł mineralnych w rezerwacie, odzwierciedlający nadmierny pobór wód w ujęciach na terenie uzdrowiska Busko-Zdrój sprzed 10-30 lat.

Przyrodnicze konsekwencje prac osuszających w rezerwacie przyrody „Owczary” i w jego sąsiedztwie

Zmiana stosunków wodnych w rezerwacie przyrody „Owczary” doprowadziła do częściowego zaniku roślinności halofilnej na tym obszarze.

Przed pracami osuszającymi obszaru położonego na północ od rezerwatu woda odsączająca się z piaszczysto-gliniastych utworów leżących na łożach dopływała do niecki źródłowej bardzo powoli i w znikomej ilości, nie wysładzała więc siedliska halofitów. Dno niecki było trwale zalewane wodą ze słonych źródeł, poziom wody zaskórnej o dużej zawartości solanki występował bardzo płytko. W niecce źródłowej, mimo silnego jej zabagnienia, wypasano zwierzęta hodowlane, co ułatwiało rozwój światłolubnej roślinności halofilnej.

Drenarskie odwodnienie sąsiadującego z rezerwatem obszaru dostarcza od 32 lat do niecki źródłowej wodę o niewielkim zmineralizowaniu. Dopływ tej wody zachodzi epizodycznie, może przekraczać nawet 1 l/s i jest skoncentrowany w jednym punkcie. Woda ta po roztopach wiosennych rozlewa się na dużym obszarze i nawet w ciągu kilku tygodni

wysładza siedlisko słonolubnej roślinności. Czas oddziaływania tego odwodnienia w okresie letnio-jesiennym, nawet po obfitych opadach, jest krótszy. Na tym etapie prac osuszających źródła mineralne w rezerwacie zachowały charakter stały, jednak w okresach wilgotnych ich sumaryczna wydajność ustępuje dopływowi wód drenarskich. Gwałtowne wysładzanie niecki źródłowej po okresie zimowego wzrostu stężenia soli niekorzystnie zmienia warunki siedliskowe już na początku sezonu wegetacyjnego. Z powodu powolnego przesączenia się wód przez nieckę słodkie wody mogą długo-trwale stagnować w środowisku, umożliwiając sukcesję gatunków preferujących znacznie mniejsze stężenie soli w podłożu. W tej sytuacji światłolubne halofity zaczęły być wypierane przez szuwar trzcinowy.

Po wykopaniu rowu odwadniającego i obniżeniu zwierciadła wody gruntowej w dnie niecki trzy spośród czterech źródeł funkcjonują okresowo. Według P u s c h a (1903) w pierwszej połowie XIX w. w niecce tej było aż siedem źródeł. Obecnie w rezerwacie „Owczary” czynne jest jedno stałe źródło mineralne stanowiące wielką atrakcję przyrodniczą całego Ponidzia. Woda z pozostałych trzech źródeł w okresach suchych nie dopływa do powierzchni, lecz przesącza się pod powierzchnią w kierunku rowu odwadniającego. Te trzy źródła nie zanikły całkowicie, przez długi okres nie powodują one jednak wzrostu uwilgocenia dna niecki źródłowej. Uwidaczniają się one tylko okresowo podczas wysokiego stanu wody gruntowej. Wysechł także słony staw w niecce źródłowej zasilany przez jeden z wypływów. Mimo znacznego osuszenia niecki źródłowej mieszkańcy Owczar nadal tereny położone na wschód od rezerwatu nazywają: „Za Solą” i „Za Stawem”. Po tym etapie prac odwadniających halofity zostały prawie całkowicie wyparte z przeważającego obszaru rezerwatu, a ich miejsce zostało zdominowane przez trzcinę.

Podpiętrzenie kamienną niewielką zaporą odpływu z rezerwatu należy uznać za działanie szkodzące rewitalizacji siedliska halofitów. Wydłuża ono czas stagnowania wysłodzonych wód w niecce, zwłaszcza na początku sezonu wegetacyjnego. W okresach niskich stanów wód, które mogą dominować w sezonie letnio-jesiennym, słone wody ze źródeł odpływają drogą podpowierzchniową do rowów odwadniających znajdujących się na południe od rezerwatu.

Pomimo niekorzystnych zmian w stosunkach wodnych w rezerwacie przyrody „Owczary” latem i jesienią 1999 r.

stwierdzono występowanie takich gatunków halofitów, jak: łoboda oszczepowata typowa *Atriplex prostrata* subsp. *prostrata*, komonicznik skrzydlastostrąkowy *Tetragonolobus maritimus*, mannica odstająca *Puccinellia distans*, komonica wąskolistna *Lotus tenuis*; znaleziono tu także nostrzyk ząbkowany *Melilotus dentata*, który wcześniej nie był odnotowany (H. Trzcicka-Tacik – infor. ustna).

Główną przyczyną zaniku halofitów w omawianym rezerwacie jest skrócenie do minimum czasu oddziaływania na rośliny wód o dużej koncentracji soli oraz znaczne wydłużenie czasu oddziaływania wód silnie wysłodzonych. Z hydrologicznego punktu widzenia wypływy słonych wód w obrębie rezerwatu nadal funkcjonują, choć od wielu lat nie wszystkie uwidaczniają się powierzchniowo. Miejsce wypływu wód z rezerwatu w przełomowym odcinku cieku poniżej niecki źródłowej należy traktować jako współczesną formę źródła łączącego wszystkie wypływy wód mineralnych w tej niecce. Stwierdzenie to nawiązuje do dawnej opinii P u s c h a (1903), że poszczególne wypływy wód w niecce pod Owczarami „uważać należy za oddzielne ujścia jednego i tego samego głównego źródła”.

Termika wód w niecce źródłowej i jej otoczeniu

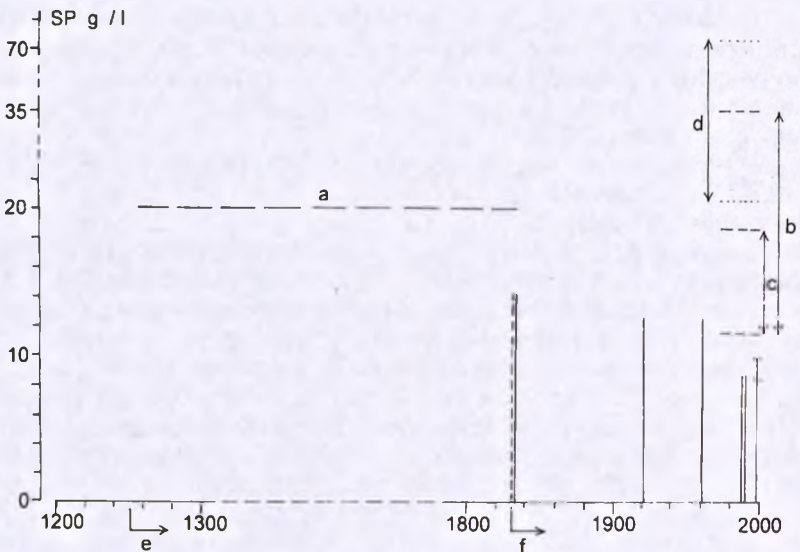
W okresie od maja do października 1999 r. najbardziej stabilną temperaturę wody w zakresie 8,3–12,6°C stwierdzono w studni gospodarczej we wsi Owczary, wykopanej w glinach i iłach, gdzie zwierciadło wody położone było na średniej głębokości 1,5 m.

W tym czasie nieco większym zakresem wahań (5,4–12,8°C) odznaczała się temperatura głównego źródła w rezerwacie „Owczary”. W ciągu dnia (w godz. od 8.00 do 20.00) w każdym terminie obserwacji wahania temperatury źródła nie przekraczały nawet 0,1°C. Główne źródło, podobnie jak woda w studni gospodarczej, prawie nie reagowało na zmiany temperatury powietrza w cyklu dobowym. Stosunkowo niska temperatura źródła podczas długotrwałej upalnej pogody (poniżej 13°C) i znacznie przekraczająca 0°C po porannych przymrozkach w końcu października, potwierdza jego głębokie zasilanie. Pozostałe wypływy wód mineralnych w niecce źródłowej ujawniły obecność dopiero po długotrwałych opadach w październiku. W tym czasie na skutek kontaktu z rozlewiskami wodnymi źródła te reagowały na

zmiany temperatury powietrza w szerszym zakresie aniżeli główne źródło mineralne.

W okresie badań interesująco kształtowała się temperatura ciekłu wypływającego z rezerwatu i ujętego rowem melioracyjnym. Z jego biegiem od źródeł do granicy rezerwatu wahania temperatury zmniejszały się i upodabniały się do głównego źródła, jednocześnie były one znacznie mniejsze niż źródeł okresowych. Z dalszym biegiem ciekłu, poniżej granicy rezerwatu, wahania jego temperatury zwiększały się. Wyniki pomiarów świadczą o zwiększającym się przepływie wody gruntowej o wyrównanej temperaturze w kierunku odcinka rowu melioracyjnego w przełomie poniżej niecki źródłowej. Poniżej tego miejsca woda w rowie jest w niewielkim stopniu zasilana dopływem podziemnym, coraz silniej podlega więc wpływom temperatury powietrza. Omówione cechy termiki ciekłu ujętego rowem melioracyjnym pośrednio wskazują na ogólnie podpowierzchniowy przepływ wód ze źródeł mineralnych przez niekę.

Znacznie większe wahania temperatury w sezonie wegetacyjnym stwierdzono w pozostałych punktach kontrolnych. Temperatura ciekłu przyjmującego wody dopływające za pośrednictwem rowu melioracyjnego z niecki źródłowej od-



znaczała się największymi wahaniami w zakresie 4,2–17,7°C. Temperatura wód w płytkich studzienkach melioracyjnych, stanowiących element odwodnienia drenarskiego, wahała się między 7,0 i 15,0°C.

Wieloletnie zmiany zmineralizowania głównego źródła w rezerwacie przyrody „Owczary”

Zmiany zmineralizowania głównego źródła w rezerwacie „Owczary” zilustrowano za pomocą suchej pozostałości (ryc. 6). Aż do początku lat 60. XX w. całkowite zmineralizowanie źródła wynosiło 13 000–14 000 mg/l i było prawie dwukrotnie mniejsze od samowypływów pod Buskiem w okresie przed rozwojem wodolecznictwa (około 1830 r.). W 1989 r. zmineralizowanie głównego źródła w rezerwacie

←

Ryc. 6. Rozmiary zmineralizowania głównego źródła w rezerwacie przyrody „Owczary” w XIX i XX w., na tle zmineralizowania wód eksploatowanych w Busku-Zdroju. Na pionowej osi zaznaczono suchą pozostałość (g/l), oś nie jest ciągła. Pionowe ciągłe linie odnoszą się do źródła pod Owczarami, pionowa przerywana linia – do ujęcia wód w Busku-Zdroju. W 1999 r. podano największe i najmniejsze zmineralizowanie źródła: a – prawdopodobne średnie zmineralizowanie samowypływów pod Buskiem przed rozpoczęciem eksploatacji wód, b – zakres wahań maksymalnego zmineralizowania wód ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego, c – zakres wahań średniego zmineralizowania wód ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego, d – zakres wahań średniego zmineralizowania wód ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów jurajskich, e – początek gospodarczego użytkowania wód mineralnych w Busku, f – początek wodolecznictwa w Busku. – Mineralization of main source in Owczary Reserve in 19th and 20th centuries, as compared with mineralization of waters seized in Busko-Zdrój. Dry residue (g/l) was marked on vertical broken axis. Vertical continuous lines refer to source in Owczary, while broken line to water-intake in Busko-Zdrój. In 1999 the minimal and maximal mineralization of a source were given: a – probable value of average mineralization of sources near Busko before waters exploitation started, b – variations of maximum mineralization of waters seized in Busko, originated from Cretaceous deposits, c – variations of average mineralization of waters seized in Busko, originated from Cretaceous deposits, d – variations of average mineralization of waters seized in Busko, originated from Jurassic deposits, e – beginning of economic use of mineral waters in Busko, f – beginning of hydropathy in Busko

„Owczary” zmniejszyło się do 8500 mg/l. W 1999 r. wahało się ono w zakresie 8250–9870 mg/l. Spadek zmineralizowania tego źródła w stosunku do lat przed 1968 r., czyli przed rozpoczęciem prac odwadniających, wynosi 25%. Dopiero na podstawie długookresowych badań będzie można odpowiedzieć na pytanie, czy zmiana ta ma charakter stały.

Zmineralizowanie głównego źródła w omawianym rezerwacie jest około dwukrotnie mniejsze od wód obecnie ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego i aż czterokrotnie mniejsze od wód ujmowanych z utworów jurajskich. Na tej podstawie można stwierdzić, że wody samowypływów pod Owczarami są w dużym stopniu rozcieńczone wodami płytszego krążenia. Przed rozpoczęciem prac odwadniających w sąsiedztwie rezerwatu zmineralizowanie głównego źródła mieściło się w dolnej strefie zakresu wahań średniego zmineralizowania wód ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego.

Przestrzenne zróżnicowanie zmineralizowania wód w rezerwacie przyrody „Owczary” i w jego sąsiedztwie

Średnia wartość suchej pozostałości wód źródłanych w rezerwacie „Owczary” zawierała się w sezonie wegetacyjnym 1999 r. w zakresie od 9070 do 10 000 mg/l (tab. 1). Najmniejszym zmineralizowaniem cechuje się główne źródło położone najwyżej w niecce, a największym – jedno ze źródeł okresowych położone najniżej w niecce. Jeszcze większe średnie zmineralizowanie wynoszące 12 800 mg/l stwierdzono w cieku w miejscu jego wypływu z rezerwatu. Wykazane zróżnicowanie przestrzenne średniego zmineralizowania wypływów w niecce źródłowej potwierdza tezę o znacznym dopływie wód wglębnych, w wyniku którego zwiększa się koncentracja soli z biegiem cieku w kierunku jego wypływu z rezerwatu. Średnie zmineralizowanie wód w dalszym biegu cieku zmniejszało się do 8000 mg/l.

Za główne miejsce wypływu wód mineralnych w obrębie niecki źródłowej należy uznać dolną część tej formy przed odcinkiem przełomowym. Wniosek ten potwierdza analiza termiki źródeł i cieku. Stałe źródło mineralne uważane dotąd za główne miejsce wypływu wód wglębnych w niecce odprowadza tylko niewielką ich część.

Tab. 1. Sucha pozostałość wód ze stanowisk kontrolnych w rezerwacie przyrody „Owczary” i w jego sąsiedztwie w różnych terminach obserwacji w 1999 r. – Dry residue of waters from control stations in Owczary Reserve and its surroundings at different observation dates in 1999

Nr stano- wiska No locality	Data – Date						
	10.07.	15.08.	16.09.	29.09.	08.10.	22.10.	średnio
1	9872,0	9220,5	8969,6	8467,2	9661,6	8250,5	9073,0
2	–	–	–	–	8845,0	10569,8	9707,0
3	–	–	–	–	9112,2	9320,0	9216,0
4	–	–	–	–	9888,0	10120,0	10004,0
5	–	–	1172,0	–	2398,0	2039,0	1870,0
6	510,0	730,0	620,5	–	460,0	453,2	555,0
7	–	–	–	–	1970,0	3149,1	2559,0
8	15320,0	15040,0	13444,8	–	11766,0	8302,7	12775,0
9	13300,0	12900,0	11700,0	–	9800,0	7891,6	11158,0
10	10230,0	9888,0	7960,0	–	6118,8	5846,5	8009,0
11	926,0	908,7	892,0	–	823,2	720,7	854,0
12	–	–	–	–	1230,0	1111,4	1171,0
13	1621,0	1666,0	1452,4	–	1321,2	1396,0	1491,0

Średnie zmineralizowanie wód w studzienkach melioracyjnych i studni gospodarczej, kontaktujących się z utworami czwartorzędowymi i iłami krakowieckimi, jest wielokrotnie mniejsze od wód mineralnych w niecce źródłowej. Nieco większe zmineralizowanie (2560 mg/l) miała woda wpływająca do rezerwatu z odwodnienia drenarskiego. Zmienia ona istotnie warunki hydrochemiczne na terenie omawianego rezerwatu.

Skład chemiczny głównego źródła w rezerwacie przyrody „Owczary” i jego zmiany w ostatnich 40 latach

Wodę z głównego źródła w rezerwacie „Owczary” należy określić jako chlorkowo-siarczanowo-sodową (tab. 2), zbliżoną składem do wód mineralnych ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego. Duży spadek zmineralizowania źródła zaznaczył się między 1961 i 1989 r., co należy wiązać z pracami drenarskimi wykonanymi w 1968 r. i w następnej dekadzie. W tym czasie zmalała zawartość na-

Tab. 2. Skład chemiczny wody z głównego źródła w rezerwacie przyrody „Owczary” w latach 1961, 1989, 1999. – Chemical composition of water from the main source in Owczary Reserve in 1961, 1989, 1999

Cecha/składniki – Feature/component	Data – Date		
	02.10.1961	28.11.1989	29.09.1999
pH	–	6,84	7,13
przewodnictwo elektryczne w 20°C μS	–	–	12210,50
sucha pozostałość mg/l	12338,60	8623,00	8467,20
twardość ogólna °N	110,64	–	64,50
Cl^- mg/l	5577,40	3382,22	3350,00
SO_4^{2-} mg/l	1878,20	1672,30	1666,20
HCO_3^- mg/l	463,74	494,24	–
J^- mg/l	2,11	–	–
Br^- mg/l	–	10,26	–
NO_2^- mg/l	–	0,00	–
NO_3^- mg/l	–	<0,10	–
Na^{2+} mg/l	3787,14	2600,00	3667,00
$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$ mg/l	0,60	–	–
Fe^{2+} mg/l	–	0,20	–
Fe^{3+} mg/l	–	–	0,004
Ca^{2+} mg/l	384,42	227,65	217,98
Mg^{2+} mg/l	244,94	147,82	145,29
H_2S mg/l	40,89	–	–

stępujących jonów: Cl^- , Na^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} . W latach 1989–1999 nie nastąpiły istotne zmiany w zmineralizowaniu źródła z wyjątkiem jonów Na^{2+} . Zawartość żelaza w poszczególnych latach jest trudno porównywalna. Po 1961 r. prawie dwukrotnie zmalała twardość ogólna wody do poziomu 64,5°N w 1999 r., co stanowi efekt zmniejszenia zawartości jonów Ca^{2+} (prawie o połowę) i Mg^{2+} (o 41%). pH wody źródlanej oscyluje w ostatnich latach wokół 7,0. W 1961 r. zawartość jonów J^- ustalono na 2,11 mg/l, siarkowodoru H_2S na 40,89 mg/l. W 1989 r. zawartość jonów Br^- wyniosła 10,26 mg/l, NO_2^- była mniejsza od 0,1 mg/l.

Zmineralizowanie głównego źródła pod Owczarami zawiera się między wartościami typowymi dla wód ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego i ustalonymi dla wód określanych jako słabo zmineralizowane. Tylko ciek przy jego wypływie z rezerwatu osiąga średnie zmineralizowanie odpowiadające wodzie mineralnej na Południu. Zawartość jonów Cl^- w głównym źródle i w cieku

jest mniejsza od granicznej wielkości dla wód mineralnych ujmowanych w Busku-Zdroju z utworów wieku kredowego, która wynosi 5000 mg/l. Pomimo podobieństwa hydrochemicznego wód mineralnych z rezerwatu „Owczary” i ujmowanych z utworów kredowych w pobliskim uzdrowisku, te pierwsze są rozcieńczone głównie wodami z odwodnienia drenarskiego sąsiadującego obszaru.

Dotąd nie znany jest wpływ eksploatacji wód mineralnych w Busku-Zdroju na zmiany składu chemicznego omawianego źródła. Dalsze badania chemiczne źródła oraz wód ciekłu przy jego wypływie z rezerwatu, powtarzane w długim okresie, jak również analiza wielkości wydobywania wód w pobliskim uzdrowisku pozwolą udzielić odpowiedzi na postawione pytanie.

Główne źródło należy uznać za reprezentatywny obiekt badawczy w rezerwacie „Owczary” w zakresie badań hydrochemicznych. Takim obiektem nie powinien być krótki odcinek ciekłu przy wypływie z rezerwatu, gdzie pomimo największego stężenia soli w niecce źródłowej długotrwanie stagnują wody z odwodnienia drenarskiego.

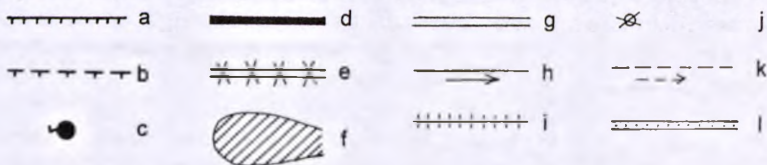
Propozycja rewitalizacji siedliska halofitów w rezerwacie przyrody „Owczary”

Roślinność halofilna może ponownie opanować nieckę źródłową w rezerwacie przyrody „Owczary”, jeżeli zostanie trwale przywrócone wysokie położenie zwierciadła słonej wody gruntowej na tym terenie, a także w dnie dolinki poniżej rezerwatu. Równocześnie należy nie dopuścić do wysładzania siedliska halofitów wodami drenarskimi. Cel ten można osiągnąć w wyniku zastosowania następujących prostych zabiegów (ryc. 7):

- całkowite zasypanie, pobranym w pobliżu materiałem glebowym, rowu melioracyjnego w obrębie rezerwatu i poniżej aż do jego połączenia z ciekłem głównym,
- likwidacja odwodnienia drenarskiego po północnej stronie rezerwatu aż do drogi polnej,
- wykonanie na ww. terenie uzupełniającego odwodnienia drenarskiego, które kieruje wody do głównego ciekłu płynącego na południe od rezerwatu,
- usunięcie kamiennej zapory.

Po wykonaniu wymienionych zabiegów zaistnieją potencjalne warunki do ponownego opanowania całego dna niecki

źródłowej, a także dolinki poniżej niecki przez roślinność halofilną. Możliwe będzie odtworzenie rozlewisk słonej wody w niecce dla rozwoju gatunków halofitów preferujących trwale stagnującą powierzchniowo wodę. Restytucja gatunków halofilnych będzie jednak wymagała usunięcia trzciny z tego siedliska. Zmiana statusu wymienionego rezerwatu przyrody ze ścisłego na częściowy pozwala na kontrolowane mechaniczne usuwanie tej rośliny. Samoczynne wypadanie trzciny rozpocznie się w momencie, gdy koncentracja soli w podłożu ponownie trwale osiągnie wysoki poziom. Po przeprowadzeniu wskazanych zabiegów rekultywacyjnych zalecane będzie powiększenie rezerwatu, by ochroną obje-



te zostały nowe potencjalne siedliska halofitów. Rezerwat „Owczary” w nowych granicach powinien obejmować cały podmokły obszar nasycony solanką, m.in. miejsce, gdzie dawniej był słony staw zasilany przez jedno ze źródeł mineralnych, a także dno dolinki poniżej przełomu, która najprawdopodobniej zostanie opanowana przez roślinność halofilną.

Uwagi końcowe

Wszystkie funkcjonujące obecnie wypływy wód mineralnych na Poniidziu powinny zostać objęte ochroną rezerwatową lub jako pomniki przyrody i użytki ekologiczne. W pierwszej kolejności dotyczyć ona powinna otoczenia źródeł z zachowaną florą halofitów, a także tych miejsc, gdzie roślinność słonolubna została w ostatnich latach wyparta przez gatunki preferujące siedliska mniej zasobne w sól. Oprócz źródeł pod Owczarami, a także źródła pod Szczerbakowem (użytek ekologiczny), ochroną powinny zostać objęte wypływy wód

Ryc. 7. Proponowane zabiegi zmierzające do przywrócenia naturalnego stanu stosunków wodnych w rezerwacie przyrody „Owczary”. Plan powiększenia rezerwatu: a – obecne granice, b – proponowane granice, c – źródła mineralne, d – odcinek rowu melioracyjnego w rezerwacie przeznaczony do zasypania, e – kolejny odcinek rowu melioracyjnego poniżej rezerwatu przeznaczony do zasypania, f – spodziewany zasięg obszaru trwale podmokłego w niecce źródłowej (nasylenie gruntu solanką), g – ujęty rowem melioracyjnym główny ciek (bez zmian), h – podstawowy nowy kierunek drenażu wód powyżej niecki źródłowej, i – odcinki odwodnienia drenarskiego między rezerwatem a drogą polną przeznaczone do likwidacji, j – studzienki melioracyjne, które powinny być zasypane, k – dodatkowy nowy kierunek drenażu wód powyżej niecki źródłowej, l – droga polna. – Proposed measures to restore natural water conditions in Owczary Reserve. Proposal of reserve extension: a – present reserve borders, b – proposed reserve borders, c – mineral sources in reserve, d – filling-up of drainage ditch in reserve, e – filling-up of drainage ditch beyond reserve, at least half-way down its length to main stream, f – probable extent of permanently waterlogged area in source basin (saturation of soil with saline water), g – main stream seized by drainage ditch (no change), h – new main direction of drainage of waters higher-up the source basin, i – elimination of water drainage between reserve and cart-road, j – filling-up of drainage wells, k – additional direction of water drainage higher-up of the source basin, l – cart road

mineralnych pod Baranowem i Gadawą oddalone o 5–7 km od rezerwatu „Owczary”. Zanik lub zmniejszenie wydajności źródeł mineralnych i związane z tym ograniczenie zasięgu stanowisk halofitów spowodowane zostało przede wszystkim nieprzemyślanymi pracami odwadniającymi. Z botanicznego punktu widzenia wysychanie wypływów solanek, które dawniej rozlewały się na dużej powierzchni, budzi niepokój. W sensie hydrologicznym wiele z nich, czynnych jeszcze 30 lat temu, nie zostało bezpowrotnie utraconych. Nadal one istnieją, choć woda dopływa do najbliższych rowów melioracyjnych drogą podpowierzchniową i jest prawie niedostępna dla roślinności słonolubnej. Rewitalizacja siedlisk halofitów na Poniidziu jest możliwa w wyniku przeprowadzenia zabiegów rekultywacyjnych przywracających w sposób trwały wysoki poziom słonych wód gruntowych w otoczeniu źródeł. Ustalenie programu tych działań odnośnie do każdego ze źródeł będzie wymagało dokładnych studiów hydrologicznych.

Na Poniidziu oprócz wypływu solanki oraz roślinności halofilnej ochroną powinny zostać objęte także pozostałości po dawnych pracach górniczych. Wyeksponowanie w informacjach o obiektach chronionych na omawianym obszarze skutków morfologicznych prac, które zmierzały do „odkrycia” tam złóż soli kamiennej, uświadomi wszystkim, jaką rolę w naszej historii odegrał ten cenny surowiec.

SUMMARY

The endangerment and conservation of mineral sources in Poniidzie as exemplified by the Owczary Nature Reserve

In the south-eastern part of the Nida Basin, in the area named Poniidzie, there are saline sources containing sulphuretted hydrogen and associated with them habitats of halophytes (Fig. 1). It is one of the four areas of occurrence of these rare plants in Poland. For 30 years a decline of halophytes has been observed, which is an evidence of the drying-out of these sources due to drainage work and exploitation of mineral waters in the Busko-Zdrój and Solec-Zdrój health-resorts. Among a few active mineral sources in this area the most thoroughly examined were sources in the Owczary Nature Reserve established in 1959 to protect the largest

halophyte habitat in Ponidzie in those days. The aim of the present work was to explain functioning of mineral sources in this region and to identify causes of their decline and decline of the halophilous vegetation associated with these sources. The sources of the Owczary Nature Reserve were used for illustration of the problems of mineral sources degradation and protection in Ponidzie. The present work is based on the hydrological and botanical literature, field studies of the Owczary sources and information obtained from the local people (Fig. 2).

The main area feeding underground waters in Ponidzie is Garb Pińczowsko-Wójczański, a hummock raising about 100 m over its surroundings, built of Cretaceous and Miocene carbonate rock. Using fault zones, underground waters flow under the gypsum overlaid by impermeable the Krakowiec series on the southern and northern sides of the hummock. Underground waters in the Niecka Solecka and the Niecka Połaniecka basins are of artesian type. Sources of underground waters occur mainly in Niecka Solecka and their distribution is connected with fault zones and the Krakowiec series range limit (Fig. 3). These sources are fed mostly by underground waters circulating in gypsum and cretaceous marl; waters in younger and older rock are less important. Ponidzie mineral waters have a palaeoinfiltration character; chemical components of waters are products of gypsum lixiviation, while a chloride component is of a relic origin. Saline sources in Ponidzie were used to produce salt in saltworks from the latter part of the thirteenth century. About 200 years ago deep shafts were bored near some sources to look for rock-salt seams but without success. From the beginning of the 19th century mineral waters have been used for the hydropathy purposes.

Hydrogeological studies of mineral sources near Owczary have been conducted from the beginning of the 19th century, while botanical survey from the 1950s. The hydrology of the area is typical of Ponidzie. Sources occur in a shallow basin, originated long time ago, probably during the last glaciation, which is an evidence of the permanent outflow of ascensive waters in this place (Fig. 4). In about 1830 seven saline sources were active in the basin; until 1970 their number decreased to four. Now there is one permanent source and three periodical ones (Fig. 5). A disappearance of the majority of sources and drying-out of a salt marsh and a salt water body in the basin was due to digging a drainage ditch and draining of the waters from the adjacent area to the basin. This drainage work was contradictory to the law and done with disregard to strict protection of the halophilous vegetation in the Owczary Reserve. It was only when the Szaniecki Landscape Park was established in 1986 that further drainage projects in the vicinity of the reserve were stopped. Beginning from 1968, however, the halophilous vegetation that previously occupied the whole bottom of the basin was gradually being replaced by reed, which now covers almost the whole area of the reserve. From the

point of view of hydrology all mineral sources in the Owczary Nature Reserve are active, as indicated by an analysis of the thermal conditions and chemistry of waters (Fig. 6). At the present day saline waters are still flowing out from the sources, although they are not visible on the ground surface. In addition, there are long periods in the vegetation season when the previous halophyte habitat is too drained which makes the recolonisation of the basin by halophilous vegetation impossible. A chemical analysis of waters shows that there is a permanent influx of saline waters to the Owczary Reserve (Fig. 7, Tabs 1-2). The restitution of the halophyte habitat has been proposed. It should consist in redressing the hydrological balance of the area from before the drainage work. Simultaneously, the reserve borders should be changed. It is also necessary to maintain the mineral waters exploitation in Busko-Zdrój at a low level.

PIŚMIENNICTWO

Berends A. 1834. *Busko i źródło mineralne pod niem się znajdujące*. Nakł. A. E. Glücksberga, Warszawa.

Cabaj W., Nowak W. A. 1986. *Rzeźba Niecki Nidziańskiej*. Studia Ośr. Dok. Fizjogr. PAN 14, Kraków.

Dziubałtowski S. 1916. *Stosunki geobotaniczne nad dolną Nidą*. Pam. Fizjogr. 23.

Gągol J. 1995. *Dzieje poznania buskich wód mineralnych*. Maszynopis, Spraw. z pos. Nauk PIG, Kielce.

Gągol J., Herman G. 1996. *Dzieje badań wód mineralnych w Busku*. Mater. Symp. Nauk. „Budowa geologiczna Niecki Nidziańskiej”, maszynopis, PIG, Kielce.

Herman G., Gągol J. 1992. *Słone historie*. Gazeta Lokalna, 11-13 września 1992, Kielce.

Herman G., Gągol J. 1996. *Wody mineralne Ponidzia*. Roczn. Świętokrz., B, Nauki Przyr. 23.

Herman G., Mateńko T. 1999. *Wody lecznicze uzdrowiska Busko-Zdrój*. Mater. Zjazdu PTG. Objasnienia do trasy wycieczki nr III. Wyd. Oddz. PIG, Kielce.

Kolago C. 1951. *Źródła mineralne województwa kieleckiego*. Maszynopis, Arch. PIG, Kielce.

Kondracki J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. 2, PWN, Warszawa.

Kontkiewicz S. 1882. *Sprawozdanie z badań geologicznych dokonanych w 1880 r. w południowej części guberni kieleckiej*. Pam. Fizjogr. 2.

Kosiński W. 1884. *O badaniach geologicznych dokonanych w guberni kieleckiej i radomskiej w ciągu lata 1880 r.* Pam. Fizjogr. 4.

Kulikowska J. 1975. *Pochodzenie i warunki krążenia wód mineralnych rejonu Buska i Solca z uwzględnieniem wykorzystania ich dla celów leczniczych*. Maszynopis, Arch. PP „Uzdrowisko Busko-Solec”, Busko-Zdrój.

Kulikowska J. 1976. *Przyczynki do poznania genezy wód mineralnych rejonu Buska i Solca oraz możliwość zwiększenia ich zasobów*. Probl. Uzdrow. 6/8.

Kulikowska J. 1979. *Pochodzenie i warunki krążenia wód mineralnych rejonu Buska i Solca*. Maszynopis, Wyd. Geol. Uniw. Warszawskiego.

Łajczak A. 1999. *Badania warunków hydrologicznych rezerwatu przyrody „Owczary”*. Maszynopis, Zarząd Świętokrz. i Nadnidz. Parków Krajobraz., Kielce-Pińczów i Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.

Łyczewska J. 1957. *Źródło siarczane w Małzycach*. Przegl. Geol. 9.

Maszoński E. 1960. *Wody podziemne na arkuszu Kielce 1:300 000*. Arch. PIG, Kielce.

Misztal J. 1979. *Ekologia halofitów w Owczarach koło Buska*. Maszynopis, Bibl. Inst. Bot. UJ, Kraków.

Medwecka-Kornaś A. 1952. *Rezerwaty stepowe nad dolną Nidą*. Chrońmy Przyr. Ojcz. 6.

Nawrocka-Rogóż W. 1964. *Dokumentacja hydrogeologiczna wód leczniczych Buska-Zdroju*. Maszynopis, Arch. PP „Obsługa Techniczna Uzdrowisk”, Warszawa.

d'Obyrn K. 1990. *Warunki występowania i pochodzenie wód podziemnych w aspekcie pozyskania wód mineralnych dla Buska-Zdroju (rejon na SE od Buska)*. Maszynopis., Bibl. Wyd. Geol.-Poszuk., AGH, Kraków.

d'Obyrn K. 1991. *Określenie obszarów perspektywicznych dla ujęć wód mineralnych rejonu Busko-Solec na podstawie kartowania hydrogeologicznego*. Gosp. Sur. Miner. 9, 1.

Osenbrück K., Weise S. M., Zuber A., Grabczak J., Ciężkowski W. 1993. *Noble gas temperatures and ages of some glacial and buried brine waters in Poland*. In: *Isotope techniques in the study of the past and current environmental changes in the hydrosphere and the atmosphere*. IAEA, Vienna.

Paczyński B., Płochniewski Z. 1996. *Wody mineralne i lecznicze Polski*. Wyd. PIG, Warszawa.

Płochniewski Z. 1994. *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*. 32. 7. *Wody mineralne i termalne*. Warszawa.

Półtorak A. 1999. *Zmiany jakości wód mineralnych uzdrowisk Busko i Solec*. Maszynopis, Bibl. Zakł. Hydrogeol., AGH, Kraków.

Pusch J. B. 1903. *Geologiczny opis Polski oraz innych krajów na północ od Karpat położonych przez Jerzego Bogumiła Puscha w latach 1833-1836*. Wyd. sekcji VII-ej Górnictwo-Hutniczej oddziału Warsz. Tow.

popierania rosyjskiego przemysłu i handlu, Druk. S. Święckiego, Dąbrowa.

Rosłoński R. 1929. *Źródła wody żywiącej. Wody mineralne w Polsce*. Ziemia 14.

Rutkowski J. 1986. *Budowa geologiczna Niecki Nidziańskiej*. Studia Ośr. Dok. Fizjogr. PAN 14, Kraków.

Szczepański A., Zuber A., Grabczak J., Witczak S., Szczepańska J. 1985. *Warunki zasilania, krążenia i wpływ zanieczyszczeń (z uwzględnieniem nawożenia gleby) złóż wód leczniczych w rejonie Buska i Solca wraz z propozycjami co do granic obszarów górniczych z uwzględnieniem ww. zagadnień*. Maszynopis, Arch. PP „Uzdrowisko Busko-Solec”, Busko-Zdrój.

Szczepański A., Miecznik J., Zuber A. 1988. *Określenie rejonów perspektywicznych dla ujęć wód mineralnych w rejonie Busko-Zdroju wraz z programem badań dla ustalenia ich genezy*. Maszynopis, Arch. PP „Uzdrowisko Busko-Solec”, Busko-Zdrój.

Trzcńska-Tacik H. 1988. *Halofity nad dolną Nidą*. Zesz. Nauk. UJ, Prace Botan. 17.

Trzcńska-Tacik H. 1995. *Monitoring halofitów nad dolną Nidą*. Mater. 50 Zjazdu PTB, Kraków.

Zardzewiały M. 1983. *Wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych i chemicznych oraz ochrona złoże wód leczniczych przed skażeniem w uzdrowisku Busko-Zdrój*. Maszynopis, Arch. Wyższego Urzędu Górniczego, Katowice.

Zuber A., Grabczak J. 1991. *O pochodzeniu solanek mezozoiku Polski centralnej i północnej*. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*, SGGW-AR, Warszawa.

Zuber A., Weise S.M., Osenbrück K., Mateńko T., Grabczak J. 1996. *Kompleksowe zastosowanie metod hydrochemicznych, izotopowych i gazów szlachetnych dla określenia genezy i wieku wód mineralnych*. W: *Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Maszynopis, Arch. PP „Uzdrowisko Busko-Solec”, Busko-Zdrój.

Zuber A., Weise S.M., Osenbrück K., Mateńko T. 1997. *Origin and age of saline waters in Busko Spa (southern Poland) determined by isotope, noble gas and hydrochemical methods: evidence of interglacial and pre-Quaternary hot climate recharge*. Applied Geochemistry 1.

Żak C. 1960. *Wody mineralne południowej części województwa kieleckiego*. Maszynopis, Arch. PiG, Kielce.