BARBARA DANIEL-DANIELSKA, STANISŁAW KIBITLEWSKI, ANDRZEJ SADURSKI

Państwowy Instytut Geologiczny, Politechnika Gdańska

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA ZDJĘĆ SATELITARNYCH LANDSAT W ROZPOZNANIU HYDROGEOLOGICZNYM ŻUŁAW WIŚLANYCH

UKD 550.814:629.78:556.3(282.234.61.05)

Stwierdzono związek fotolineamentów satelitarnych Landsat z budową geologiczną obszaru Żuław Wiślanych (4). Fotolineamenty stanowią ślady przeniesionego ku powierzchni, z głębiej leżącej serii węglanowo-krzemionkowej kredy górnej, planu deformacji spękaniowo-uskokowych. Sugeruje to możliwość wykorzystania obrazu tych fotolineamentów w badaniach hydrogeologicznych Żuław. Jest to uzasadnione tym bardziej, że wyraźną zależność między fotolineamentami – a ściślej między elementami tektonicznymi, których są one obrazem – a warunkami hydrogeologicznymi występowania płytkich wód szczelinowych, stwierdzono na obszarze Lubelszczyzny (6).

Delta Wisły jest regionalną bazą drenażu zarówno piętra czwartorzędowego, jak i pięter starszych. Dlatego znajomość słabo poznanych nieciągłości tektonicznych w węglanowo-krzemionkowej serii górnej kredy (która występuje tu na głęb. 80 – 100 m), jak również rozpoznanie tektonicznie uwarunkowanych procesów erozyjnych i akumulacyjnych oraz form w nadległej serii utworów kenozoicznych, mogą odgrywać istotną rolę w zrozumieniu procesów wymiany wód podziemnych i ich warunków hydrogeologicznych.

Podstawą niniejszych rozważań są mapy fotolineamentów w skali 1 : 200 000 wykonane na podstawie analizy zdjęć satelitarnych z różnych sezonów z lat 1975 – 1979 (sceny: E-2230-09063, E-02031-09021, E-02643-08513, E-21163-08355, E-30433-09081). Interpretację zdjęć przeprowadzono metodą wizualną bezpośrednią i z użyciem projektora wielospektralnego I²S.

Analizowano kompozycje barwne FCC w skali 1 : 250 000 oraz wyciągi spektralne z poszczególnych kanałów MSS (kanał 5 i 7) w skali 1 : 500 000. Mapy fotolineamentów porównano z mapami hydrogeologicznymi i hydrochemicznymi oraz innymi danymi pochodzącymi z prac publikowanych (2, 3, 8 – 10), z dokumentacji ujęć wód podziemnych oraz spostrzeżeń własnych A. Sadurskiego.

W pracy podjęto próbę syntezy danych geologicznych, hydrogeologicznych i teledetekcyjnych oraz przedstawiono prawdopodobny obraz warunków występowania i obiegu wód podziemnych na obszarze delty Wisły i sąsiadujących z nią przykrawędziowych partii wysoczyzn.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU

Żuławy Wiślane (obszar delty Wisły) stanowią rozległe, płaskie obniżenie między wysoczyznami polodowcowymi: Pojezierza Kaszubskiego na zachodzie i Iławskiego na południu oraz Wysoczyzną Elbląską na wschodzie. Od północy obszar ten jest ograniczony wąskim pasem wydm nadmorskich o maksymalnych wyniesieniach ok. 30 m npm. Na wschodzie w rejonie Jeziora Druzno oraz w północnej części Żuław Wiślanych występują tereny depresyjne – odpowiadające w przybliżeniu hydroizohipsie ±0,0 m npm (ryc. 1). Tylko lokalnie występują izolowane i niewielkich rozmiarów wyniesienia o rzędnej ok. +10 m npm. Powierzchnia delty obniża się łagodnie ku północy i północnemu-wschodowi.

Szczególną cechą Żuław Wiślanych jest gęsta sieć hydrograficzna oraz obecność rowów melioracyjnych i wałów przeciwpowodziowych, rozwijanych w tym terenie już od XIV w. Wielowiekowa działalność antropogeniczna sprawiła, że teren ten charakteryzuje silny stopień przekształcenia warunków naturalnych. Obszar Żuław pozbawiony jest zespołów leśnych i jest intensywnie wykorzystywany rolniczo.

Przedmiotem rozważań są warunki hydrogeologiczne w obrębie kredy górnej i osadów kenozoicznych na Żuławach. W omawianym regionie utwory kredy górnej podścielone są iłowcami, piaskowcami, mułowcami i wapieniami jury, te z kolei leżą na piaskowcach, mułowcach i iłowcach triasu, których podłożem są węglanowe i ewaporytowe utwory permu.

Górna kreda, leżąca transgresywnie na jurze, wykształcona jest w formie piasków, mułowców i iłowców cenomanu, wapieni, kredy piszącej i gez turonu, gez i margli santonu oraz piasków, margli i kredy piszącej kampanu. W południowej części obszaru (na południe od Tczewa) znany jest też mastrycht (i dano-paleocen?) reprezentowany przez gezy, piaski z glaukonitem i mułowce. Miąższość serii kredy górnej wynosi od ok. 340 m (w rejonie Gdańska) do ponad 650 m (na południu i wschodzie).

Na utworach kredowych (z luką przypadającą na paleocen i dolny eocen; lokalnie występuje też niższy paleocen) leży seria eoceńsko-oligoceńska zachowana w formie rozległych ale nieciągłych pokryw i izolowanych płatów. Serię tę tworzą piaski kwarcowo-glaukonitowe, iły i mułki. Na nich jest rozwinięta lądowa seria burowęglowa miocenu. Strop utworów trzeciorzędowych jest silnie porzeźbiony w wyniku erozji preglacjalnej i plejstoceńskiej. Lokalnie obserwuje się występowanie osadów czwartorzędowych wprost na utworach kredy górnej.

Na zniszczonej powierzchni kredowo-trzeciorzędowej leżą glacjalne i interglacjalne utwory plejstocenu. Są to zróżnicowane utwory lodowcowe, fluwioglacjalne, zastoiskowe, rzeczne, jeziorne oraz morskie. Wyróżniono utwory trzech zlodowaceń. Miąższość plejstocenu w obszarze Żuław Wiślanych wynosi średnio ok. 70 m, na obszarze

zaś przyległych wysoczyzn rośnie do ok. 200 m. W serii plejstoceńskiej znane są liczne formy dolinne powstałe w wyniku zróżnicowanych procesów erozji i akumulacji. Formy te, wypełnione materiałem piaszczystym i mułkowym, odgrywać mogą istotną rolę hydrogeologiczną jako drogi krążenia wód podziemnych w tym regionie. Przebieg tych dolin nie jest jednak dotychczas wystarczająco rozpoznany. Najlepiej rozpoznane są duże formy dolinne w rejonie Gdańska (Lipce – Kamienna Grodza) oraz w rejonie Elbląga (Elbląg – Kaczynos). Ta ostatnia jest jednocześnie najgłębszą z plejstoceńskich dolin (spąg czwartorzędu dochodzi tu do głębokości poniżej 160 m ppt).

Seria przypowierzchniowa zbudowana jest z utworów deltowych, złożonych z holoceńskich aluwiów Wisły oraz z osadów wysładzanych zatok morskich i jezior przybrzeżnych. Miąższość tej serii wynosi 0 – 20 m, miejscami do 30 m.

W opisanych utworach występują dwa piętra hydrogeologiczne: czwartorzędowe i kredowe, z których czerpane są wody pitne o mineralizacji poniżej 1 g/dm³. Piętro czwartorzędowe ma bardzo zróżnicowane zasoby. Najbardziej zasobne w wodę są formy dolinne wypełnione piaskami i żwirami o wysokim przewodnictwie wodnym (ponad 100 m²/h). Większe formy tego typu, jak już wspomniano, znane są w brzeżnych partiach Żuław na pograniczu z wysoczyznami.

Ryc. 1. Wody podziemne Żuław Wiślanych a fotolineamenty

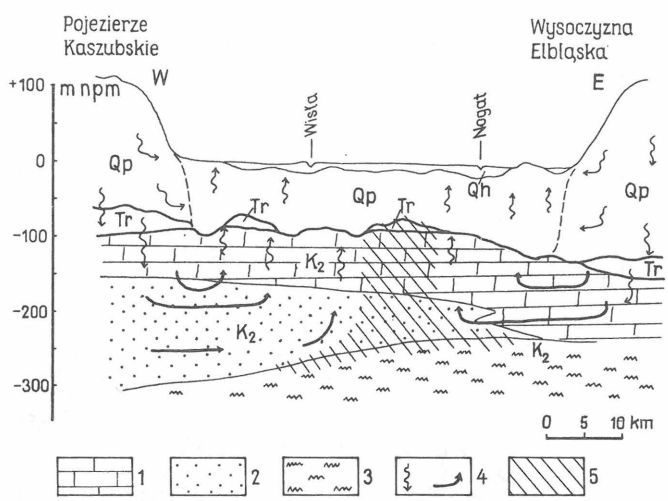
1 – fotolineamenty, 2 – zasolenie wód piętra kredowego (1000 mg Cl^-/dm^3), 3 – zasolenie wód piętra czwartorzędowego (300 mg Cl^-/dm^3), 4 – hydroizohipsy I poziomu wód podziemnych (w m npm) (wg J. Cyberskiego, Z. Mikulskiego – 3 oraz B. Kozerskiego, A. Kwaterkiewicza – 9)

Fig. 1. The groundwater and the Landsat lineaments of the Vistula Delta Plain

1 – lineaments, 2 – contour line of chlorine ion content (1000 ppm Cl^-) in the Cretaceous aquifer, 3 – contour line of chlorine ion content (300 ppm Cl^-) in the Quaternary aquifer, 4 – equipotential line of the first Quaternary aquifer (in metres above sea level) (after: J. Cyberski, Z. Mikulski – 3 and B. Kozerski, A. Kwaterkiewicz – 9)

Wody niższej części piętra górnokredowego o charakterze artezyjskim wiążą się z występowaniem piasków glaukonitowych o przewodnictwie wodnym ok. 15 – 10 m²/h. Przewodnictwo to zmniejsza się w części wschodniej Żuław, w brzeżnych partiach basenu artezyjskiego. Strop górnej kredy prowadzi lokalnie wody szczelinowe, a w części południowej Żuław również porowe (w piaskach mastrychtu). W opisywanych brzeżnych partiach Żuław poziom ten jest w więzi hydraulicznej z wodami podziemnymi w utworach trzeciorzędowych. Na pozostałym obszarze wody w utworach trzeciorzędowych występują lokalnie i mają powiązania ze strukturami wodonośnymi plejstocenu.

Obszar Żuław Wiślanych stanowi strefę drenażu dwóch regionalnych strumieni wód podziemnych (ryc. 2). Wody infiltrujące w obszarach wysoczyzn spływają w kierunku centrum Żuław, osiągając utwory kredowe. Na Żuławach ascenzyjnie zasilają one młodsze, kenozoiczne poziomy wodonośne (trzecio- i czwartorzędowe). Nadmiar wód serii czwartorzędowej drenowany jest przez sieć rzeczną i rowy melioracyjne. Obieg ten jest bardzo intensywny, o czym świadczy wysoki odpływ jednostkowy ok. 4,5 $dm^3/km^2/sek$ (3). Natomiast wzdłuż krawędzi wysoczyzn warstwy wodonośne Żuław zasilane są także przez dopływ lateralny. Ze względu na dominującą rolę tych regionalnych strumieni wód podziemnych, jak również wybitnie równinny charakter powierzchni Żuław, przejściowe i lokalne systemy odpływu wód odgrywają podrzędną rolę i są właściwie zredukowane. Ciśnienia piezometryczne poziomu plejstoceńskiego podporządkowane są wodom powierzchniowym (ryc. 1) i odwzorowują ogólnie obraz powierzchni terenu.



Ryc. 2. Schemat obiegu wód podziemnych w warstwach wodonośnych obszaru Żuław Wiślanych

Q_h – holocen, Q_p – plejstocen, Tr – trzeciorzęd, K_2 – kreda górna: 1 – wapienie, gezy, margle, 2 – drobnoziarniste piaski glaukonitowe, 3 – iły, mułowce, 4 – kierunki przesączania i przepływu wód podziemnych, 5 – rejon występowania wód słonych w utworach kredy

Fig. 2. A scheme of the groundwater circulation in the water-bearing system of the Vistula Delta Plain region

Q_h – Holocene, Q_p – Pleistocene, Tr – Tertiary, K_2 – Upper Cretaceous: 1 – limestones, gaizes, marls, 2 – fine sand with glauconite, 3 – silts, clays, 4 – directions of groundwater leakage and flow, 5 – salt water in the Cretaceous deposits

Wody omawianych poziomów reprezentują różny stopień mineralizacji i różny skład chemiczny. Wody słone piętra czwartorzędowego – o mineralizacji 5–6 g/dm³, typu Cl–Na – spotykane są głównie w rejonach depresyjnych w północnej części Żuław, odpowiadających prawdopodobnie zatokom morza litorynowego. Są to najprawdopodobniej wody reliktowe pochodzenia morskiego, wysładzane przez infiltrujące wody słodkie (9, 10, 13). Wody piętra kredowego wykazują maksymalną mineralizację do 5 g/dm³ (w rejonie Nowego Dworu), mogą być pochodzenia ascenzyjnego i reprezentują zapewne mieszaninę słonych wód reliktowych mezozoiku i wód współcześnie infiltrujących. Obszar występowania tych wód w utworach kredowych zajmuje osiową część delty (obszar >1000 mg/dm³) i nie pokrywa się z obszarami wód słonych piętra czwartorzędowego (ryc. 1).

W utworach jurajskich i starszych stwierdzono występowanie wód słonych i solanek o mineralizacji od kilkunastu do ponad 100 g/dm³ (2). Są to prawdopodobnie wody reliktowe paleoinfiltracyjne i synsedymentacyjne pochodzenia morskiego z domieszką ługów postkrystalizacyjnych (5).

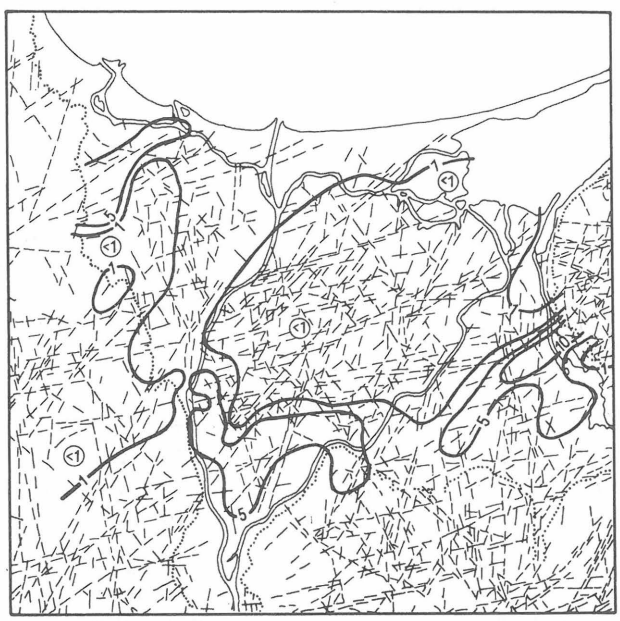
ZWIĄZEK ZJAWISK GEOLOGICZNYCH Z OBRAZEM TELEDETEKCYJNYM ŻUŁAW WIŚLANYCH

Na opracowanym obszarze obejmującym Żuławy wraz z przyległymi partiami wysoczyzn rozpoznano liczne fotolineamenty (ok. 900 elementów statystycznych). Tworzą one dość regularną sieć, nieco zróżnicowaną pod względem gęstości, złożoną z wyraźnie uporządkowanych kierunków. Analiza statystyczna (14) wykazała przewagę kierunków 0°–10° i 65°–80°. Kierunki te są najprawdopodobniej projekcją ostrokątnego systemu pionowych dyslokacji komplementarnych rozwiniętych w płasko leżącej serii węglanowych utworów kredy górnej. Systemowi temu towarzyszy słabiej rozwinięty i mniej regularny system ortogonalny. Te regularne uskoki znajdują odniesienie do ogólnej sytuacji tektonicznej omawianego obszaru (syneklizy perybałtyckiej i pogranicza synklinorium brzeżnego).

Wspomniane systemy uskoków są dość ściśle zorientowane względem kierunku Teisseyre'a-Tornquista. Analiza ukształtowania stropu mezozoiku wskazuje na jego blokowy charakter i istnienie niewielkich deniwelacji, których powodem mogą być drobne przemieszczenia pionowe (4). Wymienione spostrzeżenia upoważniają do trakwania sieci fotolineamentów jako przejawu analogicznej sieci uskoków w utworach kredowych. Istnieje duże prawdopodobieństwo wpływu tektoniki nieciągłej w poziomie kredowym na kierunki erozji i rozkład facji w całym kenozoiku, a zwłaszcza w plejstocenie, gdy na omawiany obszar działały zmienne obciążenia mas lądolodu. Blokowe ruchy wzdłuż uskoków istniejących w kredzie aktywne są do dziś, jednakże na mniejszą skalę, o czym świadczy zachowany równinny i płaski charakter powierzchni delty Wisły.

HYDROGEOLOGICZNE ASPEKTY ZWIĄZKU FOTOLINEAMENTÓW Z TEKTONIKĄ

Fotolineamenty jako wskaźniki przebiegu uskoków i intensywności spękań w kruchym podłożu kredowym powinny być również wskaźnikami intensywności wymiany podziemnych wód szczelinowych. Wymiana ta powinna być intensywna i głęboka w obszarach, gdzie sieć foto-

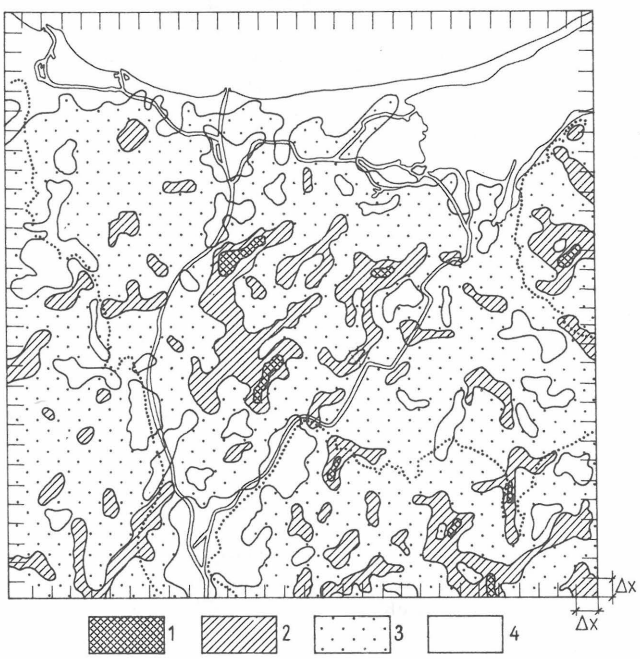


Ryc. 3. Wydatki jednostkowe poziomu górnej kredy a fotolineamenty

1 – fotolineamenty, 2 – wydatek jednostkowy (q) w m³/h/1 mS

Fig. 3. Map of the contour line of unit flow of wells and the Landsat lineaments of the Vistula Delta Plain

1 – lineaments, 2 – unit flow of wells, q = Q/S, value in m³/h per 1 metre of drawdown



Ryc. 4. Gęstości liniowe fotolineamentów

Liczba elementów statystycznych na odcinku Δx = 2 km: 1 – 5 i więcej, 2 – 3 do 4, 3 – 1 do 2, 4 = 0

Fig. 4. The linear density of the Landsat lineaments of the Vistula Delta Plain

The statistical elements (lineaments) on the distance Δx = 2 km: 1 – 5 and mors, 2 – 3 to 4, 3 – 1 to 2, 4 – no lineaments on Δx

lineamentów jest gęsta. Intensywnej wymiany wód podziemnych należałoby się spodziewać także w pewnych – uwarunkowanych tektonicznie, a czytelnych fotointerpretacyjnie strefach – w kenozoiku, np. strefach odpowiadających wspomnianym wyżej dolinom plejstoceńskim.

Rozkład gęstości fotolineamentów, sporządzony na podstawie analizy liczby linii na odcinku Δx w kwadratach o boku $\Delta x = 2$ km (ryc. 4), wykazuje większe zagęszczenie w środkowej części Żuław – między Wisłą i Nogatem, to jest na obszarze pokrywającym się mniej więcej z zasięgiem słonych wód stwierdzanych w mezozoiku (ryc. 1, 3).

W odróżnieniu od obszaru lubelskiego (6), gdzie stwierdzono większe wydatki w studniach zlokalizowanych na liniach fotolineamentów aniżeli w studniach zlokalizowanych w strefach między fotolineamentami, w kredzie obszaru Żuław takiej zależności nie stwierdzono. Należy jednak podkreślić, że na zbadanym obszarze występuje tylko niewiele studzien, które można uznać za leżące na fotolineamentach (na uskokach lub w strefach uskokowych). Nie stwierdzono także zależności między odległością studni od fotolineamentu a wydatkami jednostkowymi z utworów kredowych w badanych 70 studniach (ryc. 5), niezależnie od stopnia mineralizacji występujących tam wód.

Ogólnie przyjęty schemat regionalnej wymiany wód podziemnych w stropie utworów mezozoicznych delty Wisły i obszarów sąsiadujących przedstawia ryc. 2. Wzrost wydatków jednostkowych (porównywalnych z przewodnictwem wodnym ośrodka) od centrum Żuław ku wysoczyznom, z pewnym nasileniem w brzeżnych, przykrawędziowych strefach Żuław, wskazuje na intensywniejsze niż w centrum przepływy wód wgłębnych w spękanym ośrodku zarówno lateralnie, jak i pionowe.

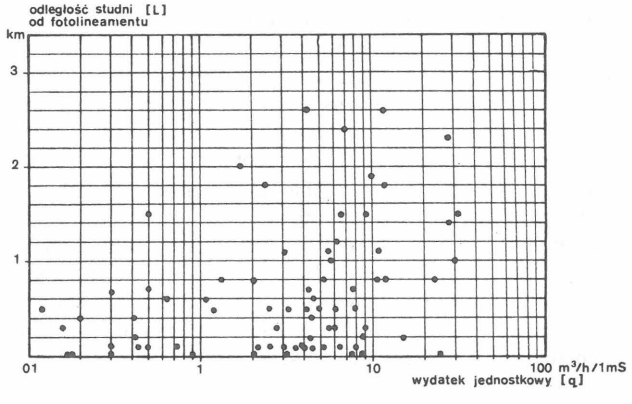
Gęstość fotolineamentów nie miałaby zatem jednakowego znaczenia w typowaniu stref o najlepszym przepływie wód w utworach kredowych na całych Żuławach. Prawdopodobnie większą rolę w przewodnictwie odgrywają drobne spękania mas skalnych, które decydują o natężeniach przepływu w tym ośrodku szczelinowym. Związek większego natężenia przepływu wód z partiami przykrawędziowymi Żuław, którym odpowiadają istniejące w nadkładzie doliny plejstoceńskie, może wynikać z erozyjnego usunięcia praktycznie nieprzepuszczalnego nadkładu z jednej strony (gliny glacjalne), a z drugiej – większego rozwarcia szczelin w utworach kredowych. Rozwarcie to może być tektoniczne, jak i wtórne, wynikające z krasowego ich poszerzania. Wskutek usunięcia nieprzepuszczalnego nadkładu i wypełnienia piaskami i żwirami dolin plejstoceńskich powstały strefy o dużym przewodnictwie wodnym, ułatwiające krążenie wód w całym swym sąsiedztwie, w tym w kompleksie mezozoicznym. Zjawiska podobnego typu opisywane były z innych obszarów Polski Niżowej (np. 12, 7).

W środkowej części Żuław (blok między Wisłą i Nogatem) występuje inna sytuacja. Małe przewodnictwo wodne (małe wydatki jednostkowe ze stropu kredy) świadczy o słabej drożności istniejących tu szczelin, które po części wynikać może z przetrwałego wypełnienia materiałem ilastym szczelin (brak silniejszego rozmywania), a także z faktu ich obecnego zaciśnięcia. Tę drugą możliwość uzasadnia w pewnym stopniu położenie omawianego bloku w osiowej partii syneklizy perybałtyckiej (ryc. 6). Zróżnicowanie wodoprzepuszczalności w stropowych partiach kredy Żuław wynika więc raczej z historii rozwoju tego obszaru a nie z jego aktualnego stanu hydrodynamicznego.

Blok środkowych Żuław, jak już wspomniano, leży poza granicami stref intensywnej wymiany wód podziemnych w kredzie. Występują tu wody słone. Są to prawdopodobnie resztki wód reliktowych pochodzenia morskiego (13). Ich zasięg w skali regionalnej i stopień mineralizacji rośnie z głębokością. W jurze na całym omawianym obszarze pojawiają się solanki. Przetrwanie wód słonych w centrum Żuław wynika też częściowo z zachowania się na tym obszarze względnie nieprzepuszczalnego nadkładu kenozoicznego. W tym sensie wody omawiane byłyby wodami w stanie stagnacji lub bardzo powolnej wymiany.

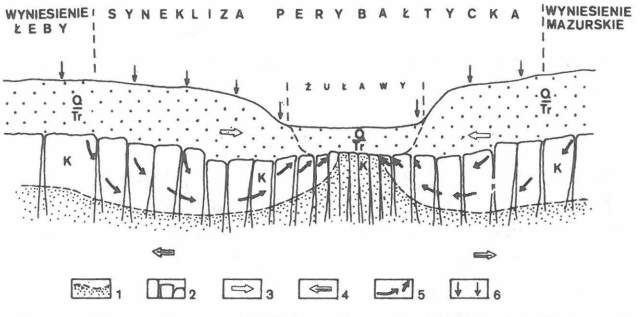
Prawdopodobnie czytelne teledetekcyjnie blokowe zróżnicowanie podłoża kredowego i dynamika jego bloków, aktywna zwłaszcza w plejstocenie, rzutowały na sedymentację utworów plejstoceńskich i stanowią przyczyny zasadniczych regionalnych zmienności parametrów hydrogeologicznych na omawianym obszarze.

Fototony stwierdzane na zdjęciach satelitarnych Żu-



Ryc. 5. Wykres wydatków jednostkowych studni w funkcji odległości do najbliższego fotolineamentu

Fig. 5. Unit flow of the wells versus distance to the nearest lineament



Ryc. 6. Hipotetyczny model krążenia regionalnych wód podziemnych na tle tektoniki stropu mezozoiku

1 – strefa utrudnionej wymiany wód podziemnych, 2 – blokowa oddzielność w utworach kredy; rozkład naprężeń w syneklizie perybałtyckiej: 3 – kompresja, 4 – tensja, 5 – główne kierunki przepływu wód wgłębnych, 6 – zasilanie wód podziemnych

Fig. 6. Hypothetical model of the regional groundwater flow against the background of the tectonics of the upper part of Mesozoic series

1 – zone of the sluggish groundwater interchange, 2 – block-tectonics in the Cretaceous series. Stress distribution at the Peribaltic syneclize: 3 – lateral compression, 4 – tension, 5 – main directions of the groundwater flow, 6 – groundwater recharge

ław są trudne do zinterpretowania. Zróżnicowanie fototonów zależy tu głównie od warunków gruntowo-wodnych i jest raczej obrazem sposobu użytkowania powierzchni terenu a nie warunków geologicznych. Wyjątki stanowią jedynie fototony charakterystyczne dla aluwialnych obniżeń dolinnych, pasma wydm nadmorskich, depresji jeziora Druzno i obszarów podwyższonego zasilania lateralnego w wodę u podnóża krawędzi wysoczyzn. Nie zauważono także związku między obrazem fototonalnym Żuław a procesami hydrogeologicznymi zachodzącymi w głębi.

PODSUMOWANIE

Stwierdzone na obszarze Żuław Wiślanych fotolineamenty, wykazujące związki z deformacjami tektonicznymi istniejącymi w stropie utworów kredowych, mogą być pomocne w ustalaniu dróg krążenia wód podziemnych i stref regionalnego drenażu w tym obszarze. W środkowej części Żuław, z uwagi na jej pozycję w syneklizie perybałtyckiej (możliwe zaciśnięcie szczelin w utworach górnej kredy) i bardzo małe spadki hydrauliczne, wymiana wód podziemnych jest wyjątkowo powolna. Występują tu wody słone, prawie stagnujące. Rola intensywnych spękań w litych skałach kredowych w tym obszarze Żuław jest obecnie, z punktu widzenia krążenia wód (przewodności), znikoma. Ponieważ obraz fotolineamentów wskazuje, że stopień dezintegracji spękaniowej jest na całym obszarze Żuław mniej więcej podobny (niewielkie różnice gęstości fotolineamentów), a przepływy podziemne w przykrawędziowych peryferycznych partiach Żuław są znacznie bardziej intensywne niż w centrum Żuław, należy sądzić, że w ogólnym schemacie krążenia wód na omawianym obszarze odgrywały ważną rolę różnice w zachowaniu się spękań w obrębie poszczególnych dużych bloków podłoża. Różnice te, o charakterze tektonicznym, rzutują na współczesny obraz dynamiki wód podziemnych w całym regionie.

Związek chemizmu wód podziemnych z ich dynamiką w badanym obszarze (9, 11, 13) umożliwia wykorzystanie obrazu fotolineamentów jako przesłanki dla wyznaczania stref anomalii hydrochemicznych, takich jak: wydzielanie wód reliktowych, słonych, wzbogaconych w jon fluorkowy, typu HCO_3-Na itp.

Ascenzja wód z utworów kredowych do poziomu czwartorzędowego na pewnych obszarach (ryc. 2) wpływa na bilans wód podziemnych, a zwłaszcza na wielkość zasilania profilu glebowego. Znajomość miejsc tej ascenzji i jej intensywności jest istotna przy projektowaniu systemu kanałów i rowów melioracyjnych polderów żuławskich. Tradycyjne metody badań parametrów ośrodka skalnego pod względem hydrogeologicznym są kosztowne, a ich wyniki mogą być ekstrapolowane tylko w ograniczonym zakresie. Informacje teledetekcyjne pozwalają ekstrapolować wyniki tych badań na większe przestrzenie, z większym stopniem wiarygodności.

LITERATURA

1. Agopsowicz T., Pazdro Z. – Zasolenie wód kredowych na Niżu Polskim. Zesz. Nauk. Polit. Gd. 1964 nr 49a.
2. Bojarski L. – Solanki paleozoiku i mezozoiku w syneklizie perybałtyckiej. Pr. Inst. Geol. 1978 t. 88.
3. Cyberski J., Mikulski Z. – Stosunki hydrogeologiczne Żuław. [W:] Żuławy Wiślane. Pr. zbior. pod red. B. Augustowskiego, GTN Gdańsk 1976.
4. Daniel-Danielska B., Kibitlewski S., Sadurski A. – Fotolineamenty a budowa geologiczna Żuław Wiślanych. Kwart. Geol. (w druku).
5. Dowgiałło J. – Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski północnej. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW 1971 t. 13.
6. Jezierski H. – Związek fotolineamentów Landsata z wybranymi parametrami hydrogeologicznymi w zlewni rzeki Bystrzycy. Prz. Geol. 1985 nr 9.
7. Kniszner L., Połkanowa L.P., Czulińska A. – Geneza struktur rowowych w kompleksie mezozoiczno-kenozoicznym Niżu Polskiego. Prz. Geol. 1983 nr 7.
8. Kozerski B., Macioszczyk A., i in. – Występowanie związków fluoru w wodach podziemnych rejonu Gdańska. Rocz. PTG (w druku).
9. Kozerski B., Kwaterkiewicz A. – Strefowość zasolenia wód podziemnych a ich dynamika na obszarze delty Wisły. Arch. Hydrot. 1984 z. 3.
10. Kozerski B. – Problems of the salt water origin in the Vistula Delta aquifers. Geologia Applicata e Idrogeologia, Bari 1983 vol. 18, part II.
11. Pazdro Z. – Wody podziemne regionu gdańskiego. Prz. Geol. 1958 nr 6.
12. Pożaryska K., Odrzywolska-Bieńkowa E. – Wpływ tektoniki na sedymentację w trzeciorzędzie na Niżu Polskim. Prz. Geol. 1981 nr 11.
13. Sadurski A. – Warunki hydrochemiczne utworów kredowych w rejonie Gdańska. Kwart. Geol. 1985 nr 2.
14. Sadurski A., Kibitlewski S., Daniel-Danielska B. – Analiza statystyczna fotolineamentów obszaru Żuław Wiślanych. Arch. Hydrot. (w druku).

SUMMARY

A dense and regular pattern of photolineaments traced in satellite photos of the Żuławy Wiślane (Vistula Delta Plain) area reflects connections with tectonic deformations from the top of Cretaceous rocks occurring here at certain depth (4). The traced pattern of photolineaments may be helpful in reconstruction of routes of groundwater circulation and regional drainage zones in that area and neighbouring ones.

The area of the Vistula Delta Plain represents a zone of drainage of regional groundwater streams flowing into it from plateaus of the Kaszuby and Iława lake districts and Elbląg (9, 11, 13). It may be divided into zones (blocks) of tectonic character, differing in groundwater regime. Some concentrations of photolineaments, especially those from margins of plateaus and the Vistula Delta Plain, may be treated as regions of intense groundwater drainage. However, the exchange of groundwaters appears exceptionally slow in central part of the plain. This may be due to low hydraulic gradients as well as position of that area in the Peribaltic Syneclize (for example, in connection with tightening of fissures in top of the Cretaceous). This part of the plain is characterized by occurrence of salt waters of ascensional origin, with low unit outputs and almost stagnant in character. The knowledge of pattern of photolineaments may be useful for analysis of dynamics of groundwaters as well as identification of areas of hydrochemical anomalies, especially when made taking into account the connections between groundwater quality and dynamics in a given area.