

## POCHODZENIE WÓD PODZIEMNYCH I TWORZENIE SIĘ ICH SKŁADU CHEMICZNEGO

UKD 551.491:551.491.8+551.491.4

Na temat pochodzenia wód podziemnych od dawna istniało szereg teorii i hipotez, z których wiele jest ze sobą sprzecznych. Wody poziomów wodonośnych, znajdujących się w bezpośredniej bliskości powierzchni lub na niedużych głębokościach, są przeważnie pochodzenia infiltracyjnego. Co do wód podziemnych znajdujących się na większych głębokościach, czyli wód głębszych, będących przeważnie wodami zmineralizowanymi albo silnymi solankami, to sprawa ich pochodzenia nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśniona. Na temat ich pochodzenia istnieją różne poglądy. Można by je ująć w trzy grupy:

- 1) hipoteza pochodzenia endogenicznego,
- 2) hipoteza pochodzenia infiltracyjnego,
- 3) hipoteza pochodzenia kopalnego lub pogrzebanego.

Tą ostatnią grupą należałoby także objąć wody głębsze zarówno synchroniczne z osadami, w których one się znajdują, czyli tzw. wody pochodzenia syndementacyjnego, oraz dawne wody infiltracyjne.

Hipoteza o endogenicznym pochodzeniu wód głębszych ma w tej chwili już tylko znaczenie historyczne. Obecnie prawie wszyscy są zgodni co do tego, że procesy te aczkolwiek możliwe i obserwowane występują na niewielką skalę nie prowadząc do dużego nagromadzenia wód. Wody te związane są głównie z obszarami młodego wulkanizmu, przy czym znaczną większość z nich uważa się nie za juwenilne, ale za wody istniejące już wcześniej, które dostały się w bezpośrednią bliskość ognisk magnetycznych o wysokiej temperaturze, czyli uważa się je za odrodzone (22).

Część tych wód tworzy się na dużych głębokościach przez dehydratację z minerałów wskutek podwyższonego ciśnienia. Noszą one nazwę wód dehydratacyjnych lub odrodzonych.

Inną część wód endogenicznych tworzą wody chemogeniczne, powstające w wyniku reakcji chemicznych. Do reakcji tych zaliczyć można rozkład węglorodków,

wodorów, utlenienie  $H_2S$  i inne (17). Wszystkie te wody, powstające w wyniku przedstawionych procesów, nie tworzą większych nagromadzeń wód podziemnych. Zwolennicy infiltracyjnego pochodzenia silnie zmineralizowanych wód głębszych stoją na stanowisku wzrostu mineralizacji wód w miarę ich dostawania się na większe głębokości. Istnieją tu także różne poglądy na procesy, które decydują przy wzroście mineralizacji. Jedni uważają, że odbywa się on przeważnie wskutek rozpuszczania i ługowania soli zawartych w skałach osadowych morskiego pochodzenia. Drudzy natomiast wzrost mineralizacji wód podziemnych przypisują głównie procesom parowania, mającym miejsce prawdopodobnie na dużą skalę na większych głębokościach (1). Jeszcze inni np. dają pierwszeństwo procesom grawitacyjnej dyferencjacji jonów (11, 10).

Znaczna większość hydrogeologów jest zdania, iż głęboko występujące solanki podziemne są zmetamorfizowanymi wodami dawnych epok geologicznych, zachowanymi dzięki sprzyjającym warunkom hydrogeologicznym do naszych czasów. Uważa się jednak, że większość tych wód, to zmetamorfizowane wody sedymentacyjne równowiekowe z osadami pochodzenia morskiego, w których one występują.

Wody infiltracyjne zawdzięczają swój skład chemiczny i mineralizację głównie procesom ługowania i rozpuszczania. Będzie on więc uzależniony w dużym stopniu od charakteru litologicznego skał, w których te wody będą się poruszać i od klimatu. W. Sulin (26) wydzielił trzy główne fazy ługowania skał powierzchniowych, których rozwój uzależniony jest od stopnia przemycia tych skał wodami powierzchniowymi. Pierwsza chlorkowa faza ługowania skał morskiego pochodzenia usuwa się z nich najbardziej rozpuszczalne składniki chlorkowe. W wyniku jej istnienia wody wzbogacają się w chlorki. Druga, siarczanowa faza ługowania charakteryzuje się obecnością wód siarczanowych. W trzeciej wodorowęglanowej fazie wody ługują i wzbogacają się w najtrudniej rozpuszczalne, wodorowęglanowe sole\*.

\* W. Sulin wyróżnia jeszcze dwie dodatkowe fazy ługowania, mające jednak ograniczony zasięg.

Zależnie od etapu historii geologicznej danego obszaru przeważa ta lub inna faza ługowania osadów. Charakter chemiczny infiltracyjnych wód uzależniony będzie więc od stopnia przemycia osadów. Na wielkość mineralizacji i skład chemiczny wód infiltracyjnych duży wpływ będą jeszcze mieć procesy parowania, co ma związek z klimatem, oraz procesy wymiany kationowej, zachodzące między wodą a skałą, w której się ona znajduje.

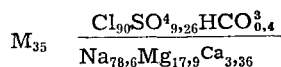
Procesy parowania zależą od warunków klimatycznych danego obszaru. W suchym klimacie wskutek dużego parowania dochodzi do koncentracji rozpuszczonej soli w wodach. Mineralizacja i skład chemiczny tych wód zależą od stopnia przemycia danego obszaru, czyli od różnego etapu jego ługowania. Zależnie od tego tworzyć się będą wody chlorkowe, siarczanowe lub wodorowęglanowe. W suchym klimacie o silnym parowaniu proces ten prowadzi do kontynentalnego zasolenia wód gruntowych i gleb.

W warunkach powierzchniowych lub przy powierzchniowych wymiana kationowa między wodą a skałą polega przeważnie na przejściu sodu ze skał ilastych do wody i na zaadsorbowaniu z wody przez skałę jonów ziem alkalicznych, a zwłaszcza wapnia.

Jak z powyższego wynika wielkość mineralizacji i skład chemiczny wód przypowierzchniowych (infiltracyjnych) może być bardzo różnorodny. Przeważa jednak typ  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  i  $\text{SO}_4\text{-Ca-Mg}$ , które w wymianie kationowej mogą przejść w wody  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  i  $\text{SO}_4\text{-Na}$ . Chlorkowy typ jest obecnie rzadki i wiąże się przeważnie z ługowaniem serii solonośnych. Zdaniem W. Sulina (26) większe znaczenie miał on przypuszczalnie w przeszłości geologicznej. Według tego autora ostatnie dwa wymienione typy wód stanowią ostateczny produkt koncentracji wód lądowych (nie związanych z seriami solonośnymi) i przedstawiają dwa genetyczne typy wód lądowych.

Genetyczny typ wód głębszych Cl-Ca-Na (pogrzebanych), trwały jedynie w warunkach kompletnej izolacji od wpływu wód powierzchniowych, występuje w wielu zakrytych strukturach na świecie. Nie zależy on od składu litologicznego i wieku skał, głębokości występowania i innych czynników (3).

Wody sedymentacyjne tworzą się w trakcie powstawania osadów w zbiorniku wodnym (7). Woda ta przechodzi więc „stadium łąkowe” i dopiero w procesie diagenety przekształca się w wodę swobodną, gdy zostaje wyciśnięta z łąków w piaskowcowe kolektory. W początkowym okresie ma ona typowy skład zbiornika morskiego (we wszystkich opracowaniach, z którymi autor zetknął się, mowa jest tylko o sedymentacyjnej wodzie morskiej), a więc ma skład następujący (2):

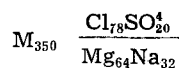


Według Bałaszowa już w stadium łąkowym zachodzą procesy prowadzące do wytworzenia szeroko obserwowanych obecnie na dużych głębokościach, silnie zmineralizowanych wód typu Cl-Ca-Na. Do procesów tych zalicza się głównie wymianę kationową i redukcję siarczanów. W ich następstwie (z wód morskich o stosunkowo dużej zawartości magnezu i siarczanów oraz niskiej ilości wapnia), powstają wody typu Cl-Ca-Na. Redukcja siarczanów odbywa się w środowisku redukcyjnym za pomocą (jak się obecnie przyjmuje) bakterii desulfacyjnych (19). Wymiana kationowa prowadzi do zamiany jonu  $\text{Na}^+$  wody morskiej na jon  $\text{Ca}^{++}$  skał ilastych. Ponadto podkreśla się, że wszystkie te procesy przebiegają w warunkach działalności życiowej organizmów, które mogą wywierać duży wpływ na przemianę składu chemicznego tych wód.

W ten sposób wg L. Bałaszowa „gotowa” już pod względem składu chemicznego woda przechodzi w procesie diagenety w stadium wód swobodnych i wypełnia kolektory, gdzie już dalsze zmiany, którym

ona podlega, polegają tylko na koncentracji w nich soli. Odbywa się to przeważnie na większych głębokościach, przeważnie wskutek parowania podziemnego, pod wpływem podwyższonej temperatury. Na tym więc etapie woda podwyższała tylko swoją ogólną mineralizację.

Sam proces koncentracji soli w wodach przez parowanie jest niewystarczający dla przeobrażenia składu typowego dla wód morza w genetyczny typ wód głębszych Cl-Ca-Na. Wykazały to m.in. doświadczenia przeprowadzone przez Owczynnikowa (22). Koncentrowana przez niego woda morska wykazała następującą, końcową mineralizację i skład jonowy.



przy zmniejszeniu objętości wody z 1000 do 16,2 cm<sup>3</sup>. Tak więc hipoteza tłumacząca powstanie głębszych solanek tylko wskutek prostej koncentracji wody morskiej nie znajduje tu potwierdzenia.

Poważnym brakiem przedstawionego powyżej poglądu na tworzenie się solanek typu Cl-Ca-Na jest pominięcie możliwości powstania tych wód też na innej drodze, nie tylko w stadium łąkowym. Sprawdzają się do właściwie do negowania możliwości powstania tych wód przez infiltrację w dawnych epokach geologicznych.

Ważne zagadnienie istnienia zachowanych do dziś infiltracyjnych wód dawnych epok geologicznych, jak dotychczas znalazło mały oddźwięk w literaturze. Więszość zachowanych głębszych solanek uważa się bowiem za sedymentacyjne. Problem możliwości infiltracyjnego pochodzenia solanek marginesowo porusza G. Kamiński (15), podkreślając jego ważne znaczenie.

Wiele ciekawych danych na ten temat dostarcza praca N. Girińskiego (13), dotycząca dynamiki podziemnych solanek. Wody te jako cięższe od wód słodkich (o ciężarze właściwym ok. 1,2) mają naturalną tendencję do zajmowania najniższych części basenów artezyjskich. Powierzchniowymi ogniskami tworzenia się solanek, według tego autora, mogą być: a) obszary kontynentalnego zasolenia łądu, b) morza, zalewy, laguny, c) złoża soli niszczone przez wody.

Obszary kontynentalnego zasolenia i złoża soli mogą stanowić istotne źródło dostawy słonych infiltracyjnych wód w skały podłoża. Co do możliwości jednak infiltracji wód bezpośrednio ze zbiorników morskich, to jest ona obecnie obserwowana na niewielką skalę. Wydaje się więc, że nie może ona mieć większego znaczenia, głównie dlatego, iż przy transgresji morze pokrywa osady zapełnione już wodami innego pochodzenia, a dla wyparcia ich wodą morską nie ma odpowiedniej różnicy ciśnień hydrostatycznych między wodami w skrzydle znajdującym się bliżej brzegu a wodami skrzydła pod dnem morza basenu artezyjskiego znajdującego się poniżej (17). Pewną rolę, w niektórych przypadkach, mogą odgrywać tu również procesy dyfuzji.

Przy infiltracji ma miejsce proces mieszania się wód różnego pochodzenia, w którego wyniku następuje albo rozcieńczenie, albo wzrośnięcie się mineralizacji wód pierwotnych. Procesowi temu towarzyszy również wymiana kationowa oraz wytrącanie się trudno rozpuszczalnych soli lub ługowanie soli łatwiej rozpuszczalnych.

Procesy towarzyszące mieszaniu się współczesnych, niezmineralizowanych, wód infiltracyjnych z głębszymi solankami zostały opisane przez wielu autorów (9, 29, 15). Rezultatem tego zmieszania jest często powstanie słonych wód, w których pojawiają się połączenia jonu  $\text{HCO}_3^-$  lub  $\text{SO}_4^{--}$  z sodem. Wody takie stanowią przejście od wód infiltracyjnych do silnie zmineralizowanych i zmetamorfizowanych. Według Bałaszowa (4) skład chemiczny wody wypadkowej powstały ze zmieszania zależy od składu chemicznego wód mieszających się. Przy mieszaniu się solanek typu Cl-Ca-Na z wodorowęglanową wodą infiltracyjną typ chemiczny powstałej wody nawet

przy dużych rozcieńczeniach nie zmienia się. Przy mieszaniu się natomiast dwóch silnie zmineralizowanych wód, z których jedna ma stosunkowo dużą ilość siarczanów, mineralizacja wody wypadkowej będzie niższa od mineralizacji wód składowych, gdyż część soli ulega wytrąceniu (np. słabiej rozpuszczalne węglany i siarczany wapnia).

Procesy mieszania się wód różnego składu i pochodzenia obserwuje się również na dużą skalę obecnie. Według licznych autorów, obserwowana współcześnie hydrochemiczna strefowość w wielu basenach artezyjskich jest właśnie wynikiem mieszania się niezmineralizowanych wód infiltracyjnych ze starymi pogrzebanymi solankami.

Nauka o hydrochemicznej strefowości wód podziemnych w artezyjskich basenach w obecnym jej ujęciu zainicjowana została pracami N. Ignatowicza (14) i jest obecnie ogólnie przyjęta w hydrogeologii. Przyczyny strefowego rozmieszczenia zmineralizowanych wód podziemnych nie są jeszcze w pełni wyjaśnione (20). Istnieje na ten temat wiele różnych i czasem sprzecznych ze sobą hipotez. Obecnie wiele z nich zarzuca się, gdyż nie znajdują pełnego potwierdzenia w faktach. Dotyczy to szczególnie teorii narastania mineralizacji przez ługowanie w miarę przemieszczania się wód do środka basenów artezyjskich, aczkolwiek ma ona jeszcze zwolenników. Np. hipoteza K. Filatowa (11) o dyferencyjnym rozmieszczeniu jonów w strukturach artezyjskich została ostatnio zarzucona jako mało uzasadniona i będąca w sprzeczności z wieloma faktami teoretycznymi (17).

Ostatnio tworzenie się hydrochemicznej strefowości próbuje uzasadnić się takimi zjawiskami, jak filtracyjny efekt i translacyjny ruch cząsteczek wody oraz jonów. Filtracyjny efekt wyraża się w rozdzielaniu się podczas filtracji rozpuszczonej części od rozpuszczalnika, co szczególnie ma zachodzić w słabo przepuszczalnych utworach. Zjawisko translacyjnego ruchu cząsteczek wody i jonów polega na tym, iż ruch cząsteczek wody skierowany jest prawdopodobnie w górę, a strumień jonów — w dół (17). Przy tym aniony mają się układać pod względem szybkości ruchu (od najmniejszej) w szereg  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$ ). Ma to być przyczyną obserwowanej hydrochemicznej strefowości basenów artezyjskich.

Obecnie przeważa jednak pogląd, iż obserwowana aktualnie hydrochemiczna strefowość w basenach artezyjskich związana jest przede wszystkim z ich warunkami hydrodynamicznymi i historią geologiczną. Pełna strefowość hydrochemiczna, wyrażająca się występowaniem wód od słodkich w pobliżu powierzchni do silnie zmineralizowanych na dużych głębokościach mogła się wykształcić, gdy istniały warunki do przetrwania w głębokich częściach basenu starych, pogrzebanych solanek (18), które w przypowierzchniowych częściach basenu zostały wyparte przez wody infiltracyjne. Między tymi strefami znajduje się zazwyczaj strefa wód mieszanych (28,29). W związku z tym zaleca się przy badaniu genezy wód podziemnych głębokich poziomów artezyjskich stosować metodę badań paleohydrogeologicznych (12) w powiązaniu z metodami hydrochemicznymi (16, 24).

W badaniach paleohydrogeologicznych zostaje wprowadzone pojęcie hydrogeologicznego cyklu w sensie odcinka czasu geologicznej historii basenu, zaczynającego się sedymentacyjnym etapem (transgresją morza), w którego czasie ma miejsce osadzanie się skał i powstawanie w nich wód (23, 27, 17). Etap ten kończy się regresją morza, po nim zaczyna się drugi, infiltracyjny etap, wówczas to odbywa się denudacja i infiltracja wód opadowych oraz powierzchniowych.

Zależnie teraz od długości trwania poszczególnych etapów może dojść do zastąpienia wód sedymentacyjnych wodami infiltracyjnymi lub infiltracyjnymi sedymentacyjnymi, albo też infiltracyjnymi wodami w drugim hydrogeologicznym cyklu dwóch pierwszych etapów pierwszego hydrogeologicznego cyklu.

Na długotrwałość poszczególnych etapów hydrogeologicznego cyklu lub kolejnych cykli będzie mieć

decydujący wpływ historia tektoniczna obszaru, a więc zarówno ruchy orogeniczne, jak i epejrogeniczne. Szczegółowa analiza tych zjawisk może pomóc w ustaleniu, czy istniały na przestrzeni historii geologicznej danego obszaru warunki dla zachowania się sedymentacyjnych lub starych wód infiltracyjnych w głębokich częściach artezyjskich struktur (6, 25).

W związku z historią danego obszaru może powstać w basenie artezyjskim prosta hydrochemiczna strefowość, odwrócona lub jeszcze bardziej skomplikowana. N. Tołstichin (30) wyróżnia aż sześć różnych typów strefowości hydrochemicznej, nie wyjaśniając jednak w pełni jej pochodzenia. Odwróconą lub bardziej skomplikowaną hydrochemiczną strefowość obserwuje się przeważnie w niewielkich śródgórskich lub przedgórskich artezyjskich basenach młodych obszarów fałdowych, gdzie często obszary infiltracji wód znajdują się wysoko w górach. Wysokie napory wód niektórych poziomów takiego basenu powodują głęboki zasięg wód infiltracyjnych, dochodzący niekiedy do 1000 m, co powoduje silne wysłodzenie zawartych w nich wód (15, 28).

To tłumaczenie odwróconej i złożonej strefowości chemicznej nie wyjaśnia w pełni całości problemu.

Oprócz stwierdzonej hydrochemicznej strefowości basenów artezyjskich wyróżnia się również w nich strefy hydrodynamiczne. Obecnie wydziela się trzy strefy: strefę aktywnej wymiany, obejmującą swym zasięgiem wody przypowierzchniowe sięgające do poziomu miejscowej bazy drenażu (erozji), którą stanowią często doliny większych rzek, strefę utrudnionej wymiany i strefę bardzo utrudnionej wymiany (strefa stagnacji). Powyższy podział, mimo że ogólnie przyjęty, jest również przedmiotem krytyki.

Oponenty uważają (21), że nie ma specjalnych podstaw do wydzielenia właśnie trzech, a nie np. więcej stref. Ponadto w chwili obecnej nie ma hydrodynamicznych kryteriów do wydzielenia wymienionych stref.

Od dłuższego czasu czynione są próby ustalenia wzajemnej zależności między hydrochemiczną i hydrodynamiczną strefowością. W praktyce często strefy hydrodynamiczne wyróżnia się na podstawie stref hydrochemicznych. Lokalnie, w pewnych warunkach, wyróżnienia takie mają swoje uzasadnienie. Ogólnie jednak brak jest hydrochemicznych kryteriów do wydzielenia stref hydrodynamicznych. W związku z tym nie należy strefowości hydrochemicznej utożsamiać ze strefowością hydrodynamiczną.

Próby powiązań obu typów strefowości były już niejednokrotnie podejmowane. Ostatnio N. Tagiejewa (29) na podstawie pracy Ignatowicza (14) oraz Sulina (26) i innych, którzy włączyli ze sobą te strefowości, próbuje je zestawić. Według tej autorki wody o stosunku  $\text{Na}/\text{Cl} < 0,87$  należy odnieść do strefy braku wymiany wód podziemnych z powierzchniowymi, natomiast o stosunku  $0,87 < \text{Na}/\text{Cl} < 1,0$  należy zaliczyć do strefy utrudnionej wymiany wód, a wody o stosunku  $\text{Na}/\text{Cl} > 1,0$  do strefy aktywnej wymiany wód podziemnych z powierzchniowymi.

Ostatnio również I. Chebotarev (8) próbuje porównać obie strefowości wód uwzględniając litologię skał. Jednak również jego schemat, podobnie zresztą jak i pozostałych autorów, budzi wiele zastrzeżeń i jest krytykowany.

Łącznie z badaniami paleohydrogeologicznymi stosuje się również badania za pomocą wskaźników hydrochemicznych. Ważniejszymi z nich są:  $\text{Na}/\text{Cl}$ ,  $\text{Cl}/\text{Br}$ ,  $\text{He}/\text{Ar}$ . Jeżeli stosunek  $\text{Na}/\text{Cl}$  w wodach jest wyższy od 0,87, to obecnie uważa się, że są to albo zmetamorfizowane wody infiltracyjne, albo częściowo wysłodzone wody sedymentacyjne. W przypadku gdy ten stosunek jest w pobliżu jedności lub powyżej, to wody są przeważnie pochodzenia infiltracyjnego. Gdy stosunek ten jest w pobliżu jedności lub nieco powyżej przy wysokiej mineralizacji, to wody pochodzą z ługowania złóż soli lub są to

wody (typ Cl-Na) towarzyszące złożom soli kamiennej (2, 3, 5). Przy stosunku Na/Cl < 0,87 wody przedstawiają (typ Cl-Ca-Na) silnie zmetamorfizowane solanki pochodzenia infiltracyjnego bądź sedymentacyjnego. Stosunek Na/Cl jest więc wskaźnikiem metamorfizacji wód podziemnych.

Podobną do wskaźnika Na/Cl rolę spełnia stosunek Cl/Br. Dla wód morskich wartość jego wynosi ok. 300 (Na/Cl = 0,87). Przy wartościach Cl/Br > 300, wskaźnik Na/Cl powinien być wyższy od 0,87; przy wartości Cl/Br < 300 wskaźnik Na/Cl powinien kształtować się poniżej 0,87. Czasami stosunek Cl/Br może się anomalnie obniżyć wskutek dostania się do wody bromu biogenicznego z substancji organicznej, w tym również z ropy naftowej. Stosunek He/Ar mówi o wieku bezwzględny wody.

Przez metamorfizm wód podziemnych rozumie się zmianę składu chemicznego wód wskutek procesów przebiegających przy przemieszczaniu się tych wód w głąb ziemi (17). Do procesów tych zalicza się: wymianę kationową, redukcję siarczanów i inne, przy czym niektóre z nich są przypuszczalnie jeszcze nierozpoznane. Ponieważ zarówno wody infiltracyjne, jak i sedymentacyjne podlegają tym samym procesom, to końcowy ich produkt jest podobny. Dlatego też podobnie jak w przypadku skał wody silnie zmienione, nie podobne pod względem składu chemicznego do składu wód wyjściowych, określa się nazwą wód zmetamorfizowanych. Cały tok badań hydrogeologicznych zmierza więc do wyjaśnienia procesów, którym pierwotne wody ulegały w czasie metamorfizacji, jak również do wyjaśnienia pochodzenia i składu chemicznego wód wyjściowych (pierwotnych).

#### LITERATURA

- Altowski M. — Znaczenie naturalnych usłow fizykochemicznych i biochemicznych procesów w formowaniu podziemnych wód. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Bałaszow L. — Surchan-darinskij artezjanskij basijn Ibidem t. XVII, 1960.
- Bałaszow L. — O dwóch genetycznych klasach solenych wód w osadocznym otłózeniu. Ibidem t. XXX, 1960.
- Bałaszow L. — Rol smieszenia podziemnych wód w formowaniu ich chemicznego składu. Ibidem t. XXXVI, 1961.
- Bałaszow L. — O principach genetyczskiej klasyfikacji podziemnych solenych wód. AN. SSSR. łab. gidrogeol. problem, Hidrochim. Materialy 1963.
- Bogomołow G. — K woprosu o zakonomier-nostiach rozprostranienia podziemnych wód w przedielach Ruskij platformy. „Problemy gidrogeologii” Gos. Nau. Tech. Izd. lit. po geol. i ochr. niedr. 1960.
- Buniejew A. — Osnovy gidrochimii mineralnych wód osadocznym otłózeniu. Miedgiz 1956.
- Chebotarev I. — Metamorphism of natural waters in the crust of weathering. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 8, 1955.
- Czichelidze S. — K woprosu sodoobrazowanija w podziemnych wodach. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Fiedin N. — O formowaniu chemicznego składu podziemnych wód (na primierie Prikaspija). Ibidem t. XVI, 1958.
- Filatow K. — Grawitacjonnaja gipoteza formowania chemicznego składu podziemnych wód platformiennych diepresji. Moskwa 1956.
- Frołow N. — Podziemnyje wody zapadnoj czastii przicernomorskogo basejna. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XXXVIII, 1961.
- Girinskij N. — K woprosu obrazowanija ras-solow i ich wozdejstwia na wody morskogo genezisa, Ibidem t. XVI, 1958.
- Ignatowicz N. — Zonalnost formirovanija i diejatielnost podziemnych wód w swiazi z razwitiem geostruktur. Wopr. gidrogeol. i inż.-geol. Sb. 13, 1950.
- Kamieński G. — Woprosy formirovanija podziemnych wód Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Karcew A. — Principy i puti paleogidrogeologiczskich issledowanii (pri izuczenii genezisa nieftianych i gazowych zaleziej i ocenkie perspektiw nieftlegazonosnosti. „Problemy Gidrogeologii” Gos. Nau. Techn. Izdat. lit. po geol. i ochr. niedr. Moskwa 1960.
- Karcew A. — Gidrogeologija nieftianych i gazowych miestorożdienii. Moskwa 1963.
- Kierkis E. — O wlijani udielnogo wiesia podziemnych wód na uslowia wodooobmiena i formirovanie ich chemicznego składu. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Kuzniecowa Z. — Razpredielenie desulfirujuszozihi bakterii po padieniu wodonosnogo plašta (tiersko-dagestanska nieftionosnaja prowincija). Tr. Wsiech. nau. issled. Inst. Gidrogeol. i inż.-geol. Wopr. gidrogeol. i inż.-geol. Sb. 18, 1959.
- Łange O. — O razpredienii podziemnych wód w zimnoj korie. „Problemy Gidrogeologii” Gos. Nau.-Tech. Izdat. lit. po Geol. i ochr. niedr. Moskwa 1960.
- Makarenko F. — Niekotoryje obszczije woprosy uczenia o zonalnosti podziemnych wód. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Owczynnikow A. — Obszczaja gidrogeologija. Moskwa 1955.
- Semichatow A. — O gidrogeologiczskich ciklach. DAN SSSR, t. 56, nr 6, 1947.
- Silin-Bekczurin A. — Zonalnyje i azonalnyje procesy formirovanija podziemnych wód. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Silin-Bekczurin A. — Gidrodinamiczskije i gidrochimiczeskije zakonomiernosti na teritorii Pribaltiki. Ibidem t. XVI, 1958.
- Sulin W. — Wody nieftianych miestorożdienii w sistemie prirodnych wód. Gos. Nau.-Tech. Izd. nieft. i Gorno. Topl. lit. 1946.
- Szagojanc S. — Podziemnyje wody centralnoj czasti Siewiernogo Kawkaza, Gosgeoltechi-zdat 1959.
- Tagiejewa N. — O geochemii wód nieftianych miestorożdienii Gos. Nau.-Tech. Izd. lit. po gidrogeol. i ochr. niedr. „Problemy Gidrogeologii” Moskwa 1960.
- Tagiejewa N. — K woprosu ob osnownych geochemiczeskich tipach podziemnych wód. Tr. łab. gidrogeol. problem, t. XVI, 1958.
- Tołstichin N. — Gidrochimiczeskaja zonalnost artezjanskich basejnow. Zap. LGI, t. 32, wyp. 2, 1955.

#### SUMMARY

The problem of underground water provenance has for a long time been responsible for the creation of numerous theories and hypotheses that sometimes contradict each other. Waters of the water-bearing horizons occurring near-by the earth surface or at a small depth only are, for the most part, of infiltration origin. Provenance of the deep waters that are mainly mineralized waters or strong brines, has so far not been explained sufficiently.

The author presents a review of opinions of numerous scientists studying deep waters, and gives the results of his own researches and observations.