

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ГЕОЛОГІЯ
ГЕОХІМІЯ
ГОРЮЧИХ КОПАЛИН



3-4 · 2005

ISSN 0869-0774

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЇ І ГЕОХІМІЇ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН
УКРАЇНСЬКА НАФТОГАЗОВА АКАДЕМІЯ

**ГЕОЛОГІЯ І ГЕОХІМІЯ
ГОРЮЧИХ КОПАЛИН**

**№ 3–4
2005**

Видання засновано в 1965 р.

Виходить 4 рази на рік

Л Ь В І В — 2 0 0 5

ISSN 0869-0774

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

**Головний редактор *М. І. Павлюк*
Заст. головного редактора *О. Й. Петриченко***

М. І. Галабуда, С. В. Гошовський, М. П. Деркач, Д. М. Дригант, І. В. Дудок, В. А. Каложний, В. М. Ковалевич, М. П. Ковалко, В. В. Колодії, Б. Л. Крупський, Ю. З. Крупський, І. М. Куровець, Ю. М. Ладигенський, С. О. Лизун, В. В. Лукінов, В. Ю. Максимчук, І. М. Наумко, В. Г. Осадчий, Ю. М. Сеньковський, Д. В. Сидор (відповідальний секретар), Ю. В. Стефаник, О. С. Ступка, В. І. Узіюк, В. О. Федяшин, І. І. Чебаненко

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

В. П. Гаврилов (Росія), Р. Г. Гарецький (Білорусь), П. Карнковський (Польща), А. О. Махнач (Білорусь), Т. М. Перит (Польща), Й. П. Шонлауб (Австрія)

**Редактор *М. С. Козак*
Редактор англійського тексту *Л. П. Петелько***

Свідчення про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації — серія КВ № 1967 від 23.04.1996 року.

Затверджено до друку Вченою радою
Інституту геології і геохімії горючих
копалин НАН України

Комп'ютерна верстка *С. П. Мельничук*
Оформлення обкладинки *В. І. Лахненко*

Адреса редколегії:
79053, Львів-53, вул. Наукова, 3-а
Інститут геології і геохімії
горючих копалин НАН України
Тел.: (0322) 63-25-41
Факс: (0322) 63-22-09
E-mail: igggk @ ah.ipm.lviv.ua

ISSN 0869-0774

Інститут геології і геохімії горючих
копалин НАН України, 2005

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF GEOLOGY & GEOCHEMISTRY OF COMBUSTIBLE
MINERALS
UKRAINIAN OIL AND GAS ACADEMY

**GEOLOGY & GEOCHEMISTRY
OF COMBUSTIBLE MINERALS**

**No. 3-4
2005**

*Founded in 1965
Published quarterly*

LVIV — 2005

ISSN 0869-0774

EDITORIAL BOARD:

Editor-in-Chief: *M. I. Pavlyuk*

Co-Editor: *O. Yo. Petrychenko*

M. I. Galabuda, S. V. Hoshovsky, M. P. Derkach, D. M. Drygant, I. V. Dudok, V. A. Kalyuzhnyi, V. M. Kovalevych, M. P. Kovalko, V. V. Kolodiy, B. L. Krupsky, Yu. Z. Krupsky, I. M. Kurovets, Yu. M. Ladyzhensky, S. O. Lyzun, V. V. Lukinov, V. Yu. Maksymchuk, I. M. Naumko, V. G. Osadchiy, Yu. V. Senkovsky, D. V. Sydor (executive editor), Yu. V. Stefanyk, O. S. Stupka, V. I. Uziuk, V. O. Fedyshyn, I. I. Chebanenko

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

V. P. Gavrilov (Russia), P. G. Garetsky (Belorus), P. Karnkowski (Poland), A. O. Makhnach (Belorus), T. M. Peryt (Poland), Yo. P. Shonlaub (Austria)

Literary editing: *M. S. Kozak*

Editing of English texts: *L. P. Petelko*

Registration certificate: KB No. 1967 of April 23, 1996

Approved for the print by the Academic
Council of the Institute of Geology &
Geochemistry of Combustible Minerals

Computer make-up by *S. P. Melnychuk*
The cover by *V. I. Lakhnenko*

Editorial office address:
Institute of Geology & Geochemistry
of Combustible Minerals of NASU
3a, Naukova St., Lviv 79053, Ukraine
Tel.: (0322) 63-25-41
Fax: (0322) 63-22-09
E-mail: igggk @ ah.ipm.Lviv.ua

ISSN 0869-0774

Copyright © 2005
by Institute of Geology & Geochemistry
of Combustible Minerals of NASU. All
rights reserved.

З М І С Т

<i>Геологія горючих копалин</i>	
<i>Приходько О. А., Осадчий В. Г., Куровець І. М.</i> Термобаричні умовини продуктивних горизонтів родовищ вуглеводнів північно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини.....	5
<i>Храмов В. М.</i> Регіональний та локальний прогнози виділення ділянок для підземної газифікації вугільного пласта за тектонічними особливостями (на прикладі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну).....	13
<i>Багнюк М. М.</i> Вивчення фазових перетворень природних газів з метою вибору засобів впливу на підвищення конденсатовилучення.....	25
<i>Стратиграфія</i>	
<i>Пономарьова Л. Д.</i> Біозональна стратифікація міоценових відкладів Закарпатського прогину за форамініферами: сучасний аспект.....	32
<i>Літологія</i>	
<i>Попп І. Т.</i> Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та Українських Карпат. Частина І. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення.....	43
<i>Геохімія</i>	
<i>Павлюк М. І., Макітра Р. Г., Брик Д. В.</i> Оцінка карбонових кислот як гіпотетичного джерела утворення нафтових вуглеводнів.....	60
<i>Карабин В. В., Колодій В. В., Павлюк М. І., Паньків Р. П.</i> Геохімічні парагенетичні асоціації компонентів пластових вод Хідновицького газового родовища (Передкарпаття).....	71
<i>Бик С. І., Бартошинська Є. С., Шевчук О. М., Швець О. І.</i> Характер нагромадження рідкісних і розсіяних елементів у вуглевмісних відкладах Львівсько-Волинського басейну.....	85
<i>Вовнюк С. В.</i> Механізм формування силівіну у давніх евапоритових басейнах.....	95
<i>Хоха Ю. В., Любчак О. В.</i> Активність води в термодинамічних умовах земної кори та верхньої мантії.....	104
<i>Екологія</i>	
<i>Дригулич П. Г., Стефанік Ю. В., Осадчий В. Г., Грицик І. І.</i> Локальні температурні аномалії у приповерхневих верствах, забруднених нафтопродуктами.....	110
<i>Наукові дискусії</i>	
<i>Павлюк М. І., Медведєв А. П.</i> На захист терміна “геосинкліналь”.....	116
<i>У наукових колах</i>	
<i>Макітра Р. Г., Павлюк М. І., Брик Д. В.</i> До 90-річчя виходу у світ енциклопедії К. Енглера та Г. фон Гефера “Нафта”.....	121
<i>Наумко І. М., Федішин В. О., Вітик М. О.</i> Геодинаміка, сейсмічність і нафтогазоносність Чорноморсько-Каспійського регіону (“Крим–2005”).....	126
<i>Павлюк М. І., Дудок І. В.</i> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України – можливості співробітництва.....	131
<i>Ювілеї</i>	
<i>Олег Йосипович Петриченко</i> (до 75-річчя з дня народження).....	136
<i>До уваги авторів</i>	140

CONTENTS

Geology of Combustible Minerals	
<i>Prykhodko O., Osadchyi V., Kurovets I.</i> Thermobaric conditions of producing horizons of hydrocarbon deposits of the north-western part of the Dnieper-Donets Depression.....	5
<i>Khranov V.</i> Regional and local forecast of the areas for underground gasification of the coal bed on the basis of tectonic properties (the Lviv-Volyn basin as an example).....	13
<i>Bahniuk M.</i> Study of natural gases peculiarities with the purpose of choosing means of influence on condensate recovery increase.....	25
Stratigraphy	
<i>Ponomaryova L.</i> Biozonal stratification of the Miocene deposits of the Transcarpathian foredeep based on foraminifera: modern aspect.....	32
Lithology	
<i>Popp I.</i> Some aspects of lithogenesis problem of oil- and gas-bearing deposits of the Cretaceous-Paleogene flysch complex of the Ukrainian Carpathian Foredeep and the Ukrainian Carpathians. Part 1. Sedimentogenesis and postsedimentation transformations.....	43
Geochemistry	
<i>Pavlyuk M., Makitra R., Bryk D.</i> Estimation of carbonic acids as a hypothetical source of oil hydrocarbons formation.....	60
<i>Karabyn V., Kolody V., Pavlyuk M., Pankiv R.</i> Geochemical paragenetic associations of the components of edge waters in the Khidnovychi gas field (Precarpathia).....	71
<i>Byk S., Bartoshynska E., Shevchuk O., Shvets O.</i> Accumulation character of rare and trace elements in coal-containing deposits of the Lviv-Volyn basin.....	85
<i>Vovnyuk S.</i> Mechanism of sylvite formation in ancient evaporite basins.....	95
<i>Khokha Yu., Lyubchak O.</i> Water activity in thermodynamic conditions of the earth crust and upper mantle.....	104
Ecology	
<i>Dryhulych P., Stefanyk Yu., Osadchyi V., Hrytsyk I.</i> Local temperature anomalies in near-surface layers polluted with oil products.....	110
Scientific discussions	
<i>Pavlyuk M., Medvedev A.</i> For the defence of the term "geosyncline".....	116
In scientific circles	
<i>Makitra R., Pavlyuk M., Bryk D.</i> To 90 years from the publication of the encyclopaedia "Das Erdöl" written by K.Engler and G.v.Höfer.....	121
<i>Naumko I., Fedyshyn V., Vityk M.</i> Geodynamics, seismicity and oil- and gas-potential of the Black Sea-Caspian region ("Crimea-2005").....	126
<i>Pavlyuk M., Dudok I.</i> The Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of National Academy of Sciences of Ukraine – opportunities for cooperation	131
Anniversaries	
Oleh Yosypovych Petrychenko (to 75 years from the birthday).....	136
<i>Notes for authors</i>	140

**ГЕОХІМІЧНІ ПАРАГЕНЕТИЧНІ АСОЦІАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ
ПЛАСТОВИХ ВОД ХІДНОВИЦЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА
(ПЕРЕДКАРПАТТЯ)**

В. В. КАРАБИН¹, В. В. КОЛОДІЙ¹, М. І. ПАВЛЮК², Р. П. ПАНЬКІВ²

¹Львівський національний університет ім. Івана Франка,
e-mail: admingeo@franko.lviv.ua

²Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,
e-mail: igggk@ah.ipm.lviv.ua

**GEOCHEMICAL PARAGENETIC ASSOCIATIONS
OF THE COMPONENTS OF EDGE WATERS
IN THE KHIDNOVYCHI GAS FIELD (Precarpathia)**

V. Karabyn, V. Kolodiy, M. Pavlyuk, R. Pankiv

Edge waters of Khidnovychi gas field have chiefly chlorite sodium, chlorite calcium-sodium, chlorite magnesium-calcium-sodium and hydrocarbon-chlorite sodium composition. Other waters (10.3 %) have the mixed "exotic" composition: sulphate-hydrocarbon-chlorite sodium, hydrocarbon-sulphate-chlorite magnesium-sodium, hydrocarbon-chlorite calcium-sodium and chlorite sodium-calcium.

General mineralization of waters, density of I^- , HCO_3^- , B_2O_3 and also metamorphosis coefficient of waters rNa/rCl declines with the depth for the main types of edge water. Direct correlation relationship is fixed between B_2O_3 and HCO_3^- .

The phenomenon of hydrogeochemical inversion is proved. Hydrogeochemical inversion has taken place owing to formation of sedimentogenic (lithogeneous) waters due to change in waters mineralization of the sedimentation basins.

Dominant over Khidnovychi deposit chlorite sodium water is the habit of the Khidnovychi gas field. Two paragenesis associations of edge water ingredients are distinguished in these waters. To the first belong ions of K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , Br^- , I^- and general mineralization with increase in concentration and amount of which naturally decreases value of metamorphosis coefficient of waters rNa/rCl , coefficient $rSO_4 \cdot 100/rCl$ and depth of selection. To another paragenesis associations belong B_2O_3 , HCO_3^- , depth of selection, SO_4^{2-} and rNa/rCl . It is fixed the regularity of an abatement of concentration of $K^+ + Na^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Br^- , Cl^- , I^- and general mineralization with increase in depth of sample drawing of water. It is proved a relative openness of aquifers at fracture zones and a zone of a thrust of the Inner zone of the Carpathian Foredeep on the External zone. It is proved a leading role of a thrust on extent of a hydrogeological openness of aquifers of the Khidnovychi deposit.

Other types of sedimentary edge waters of the deposit are also characterized.

Waters of hydrocarbon-chlorite sodium composition which have condensation genesis were fixed.

The surveyed types of waters and the paragenesis association of their ingredients should be taken into account while deposits exploitation.

Хідновицьке газове родовище розташоване в Мостиському і Старосамбірському районах Львівської області. Уперше природний газ у районі

с. Хідновичі виявлено в 1935 р., коли у двох свердловинах товариства "Піонер" було отримано незначні припливи газу. У 1939 р. одержано промисловий приплив газу з абсолютно вільним дебітом 50 тис. м³ на добу із свердловини глибиною 1800 м (Атлас..., 1998).

Розробка родовища почалася у 1942 р., а з 1966 р. в експлуатацію були введені всі поклади. Річний відбір газу в 1993 р. становив 101,4 млн м³. У 1994 р. розробка родовища здійснювалася 39 свердловинами. Станом на 2000 р. з родовища відібрано 15611,5 млн м³, або 91,7 % початкових запасів газу.

Геологічна будова та газонасність. У структурному відношенні Хідновицьке родовище пов'язане з Крукеницькою підзоною Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Хідновицьке підняття в сарматських відкладах є крайньою північно-західною структурою антиклінальної лінії, на якій далі на південний схід розташовані Садковицька, Пинянська та Залужанська структури (Атлас..., 1998; Щерба та ін., 1987; Щерба, Яцишин, 1967). Ця система складок простягається вздовж насуву Внутрішньої зони на Зовнішню. Підняття має північно-західне простягання (рис. 1, 2) із зануренням у південно-східному напрямку. Південно-східне крило довге і пологіє з кутами падіння порід 3–5°, південно-західне – частково зрізане насупом Внутрішньої зони. На північному заході воно примикає до державного кордону з Польщею, у межах якої антикліналь продовжується. Загалом, Хідновицька складка є південно-східною периклінальною єдиної Яксманицько-Перемишльської структури (Хідновичі–Перемишль–Мацьковіце). Розмір її по ізогіпсі – 950 м горизонту НД-4 сягає 30 × 20 км, висота 250 м (Атлас..., 1998; Щерба та ін., 1987).

Розріз складки представлений відкладами сарматського і баденського ярусів, породи яких залягають на розмитій поверхні рифейських утворень (рис. 3). Сарматський ярус, товщиною до 2500 м, представлений глинами, пісковиками і алевролітами верхньо- і нижньодашавської світ, причому остання значно потужніша.

У південно-західній частині родовища неогенові утворення в горішній частині перекриті насупним комплексом відкладів стебницької і балицької світ. До пісковиків цих світ приурочені слабко обводнені водоносні горизонти. Води метаморфізовані, хлориднокальцієвого типу з мінералізацією до 50 г/дм³.

Газові поклади (ВД-13, НД-1, НД-5 та НД-7) приурочені до контакту верхньо- і нижньодашавської підсвіт, де газонасними є долішній горизонт першої і верхні горизонти другої. За типом пастки поклади є пластовими, склепінними, тектонічно-екранованими (Атлас..., 1998). Південно-східна і північно-східна межі покладів визначаються положенням газо-водяних контактів (Щерба та ін., 1987). Останні на родовищі представлені горизонтальними і нахиленими (НД-3–НД-5) поверхнями, що занурюються в бік склепіння і північно-східного крила структури. Газові поклади залягають на глибинах 520–1150 м, їхня товщина, в основному, зменшується з глибиною залягання горизонтів від 318 до 58 м (Атлас..., 1998).

Мета роботи. Тривалий період розробки Хідновицького газового родовища сприяв детальному вивченню геологічної будови та газонасності (Атлас..., 1998; Щерба та ін., 1987; Щерба, Яцишин, 1967). Гідрогеохімічні дослідження, проведені головно в 1963–1965, 1980 рр., лише частково відо-

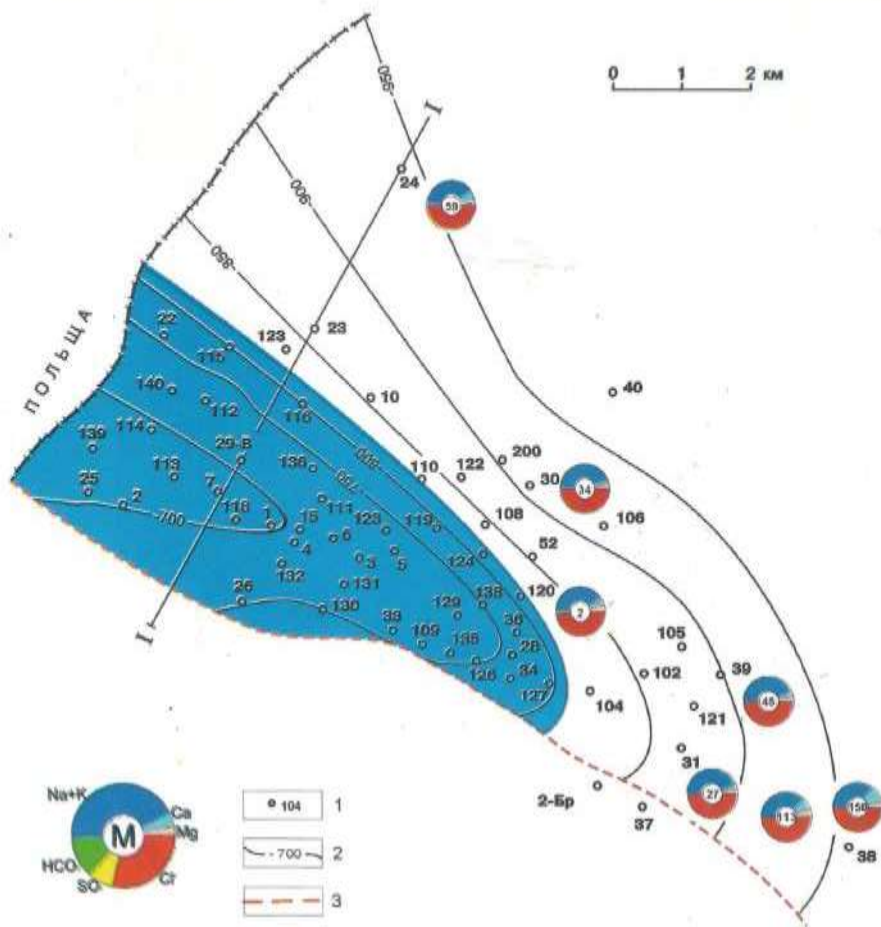


Рис. 1. Гідрогеохімічна схема горизонту НД-3 Хідновицького газового родовища: 1 – номер глибокої свердловини, 2 – стратоізогіпса, 3 – лінія насуву. (Склав В. В. Карабин за матеріалами ІГГК НАН України, ЛІВ УкрДГРІ, УНГА та ДП “Західукргеологія”, 2004 р.).

бражені в наукових публікаціях (Атлас..., 1998; Маломинерализованные..., 1991). Водночас питання гідрогеохімічних особливостей родовища є актуальним у теоретичному та ужитковому аспектах. Зокрема, вивчення гідрохімічних особливостей родовища, включаючи дослідження геохімічних парагенетичних асоціацій головних компонентів пластових вод, дасть змогу оцінити ризик забруднення ландшафтів у разі виходу на поверхню пластових вод з певних горизонтів.

Мета роботи – вивчення гідрогеохімічних особливостей Хідновицького газового родовища та дослідження геохімічних парагенетичних асоціацій для головних груп вод.

Методика досліджень. Хімічний склад вод Хідновицького газового родовища визначено в 71 пробі, які відібрані в 26 свердловинах, в інтервалах глибин 500–2460 м. Досліджено води долішньої частини верхньодашавської підсвіти (горизонти ВД-10–ВД-14 на глибині 500–930 м і майже увесь розріз нижньодашавської підсвіти (горизонти НД-1–НД-15) (див. рис. 1, 2, 3). Воду відібрано в 1963–1965 і 1980 рр. та проаналізовано за стандартними методиками спеціалістами ДП “Західукргеологія”.

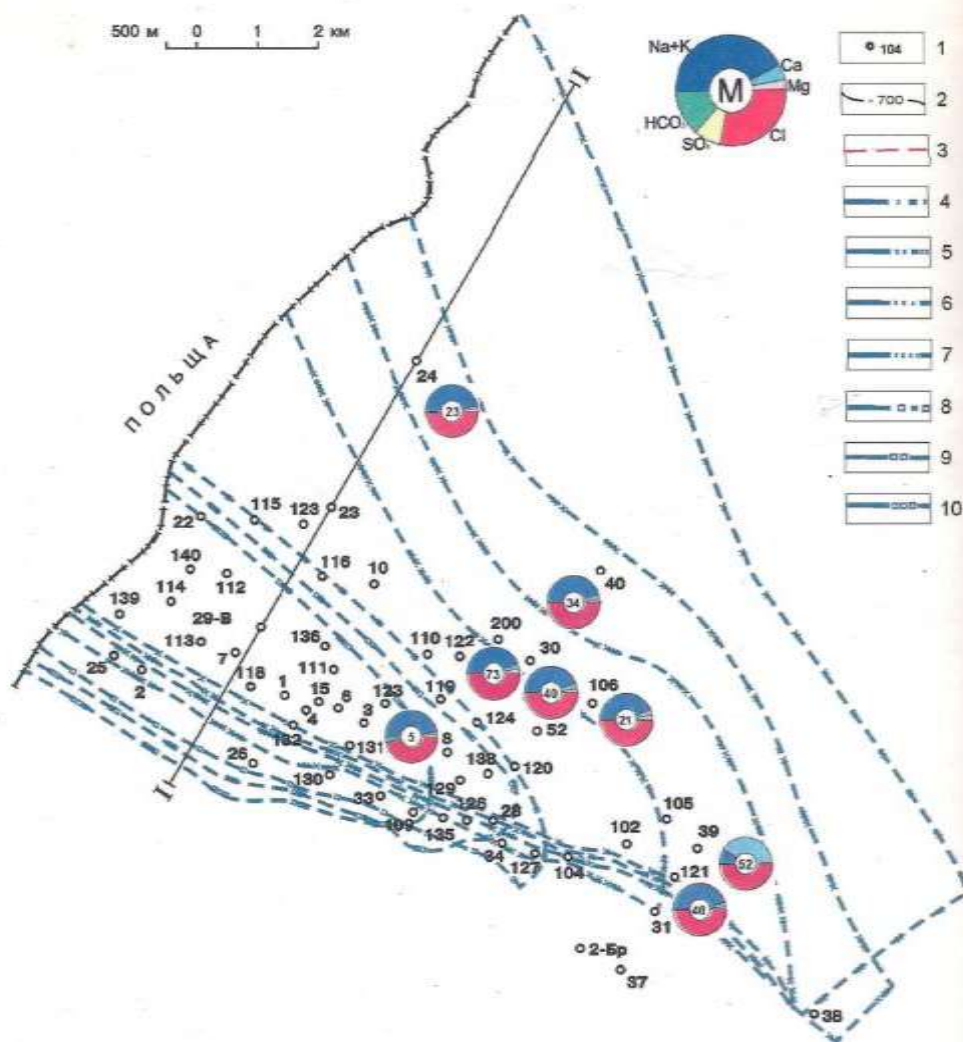


Рис. 2. Гідрогеохімічна схема горизонту НД-1 Хідновицького газового родовища: 1 – номер глибокої свердловини, 2 – стратоізогіпса, 3 – лінія насуву; контури газового покладу по покрівлі горизонту: 4 – ВД-13, 5 – НД-1, 6 – НД-2, 7 – НД-3, 8 – НД-4, 9 – НД-5, 10 – НД-7. (Склав В. В. Карабин за матеріалами ІГГК НАН України, ЛВ УкрДГРІ, УНГА та ДП “Західукргеологія”, 2004 р.).

Для характеристики пластових вод зазвичай використовується генетична класифікація В. А. Суліна, але оскільки за цією класифікацією більшість усіх вод Хідновицького родовища є хлоридно-кальцієвого типу, то з метою деталізації їхнього геохімічного складу ми скористалися класифікацією за компонентами, які переважають, розширивши її та взявши до назви води компоненти, відносний вміст яких перевищує 10 %-екв. Порядок аніонів і катіонів води у назві наведений зі зростанням їхніх відносних вмістів.

Статистичне опрацювання результатів хімічних аналізів вод полягало в обчисленні стандартних статистик (середнє, мода, медіана, дисперсія, стандартне відхилення, асиметрія, ексцес), перевірці змінних на відповідність нормальному розподілу. Кореляційний аналіз проведено методом Пірсона, а графік кореляційної залежності методом мінімуму суми квадратів відстаней

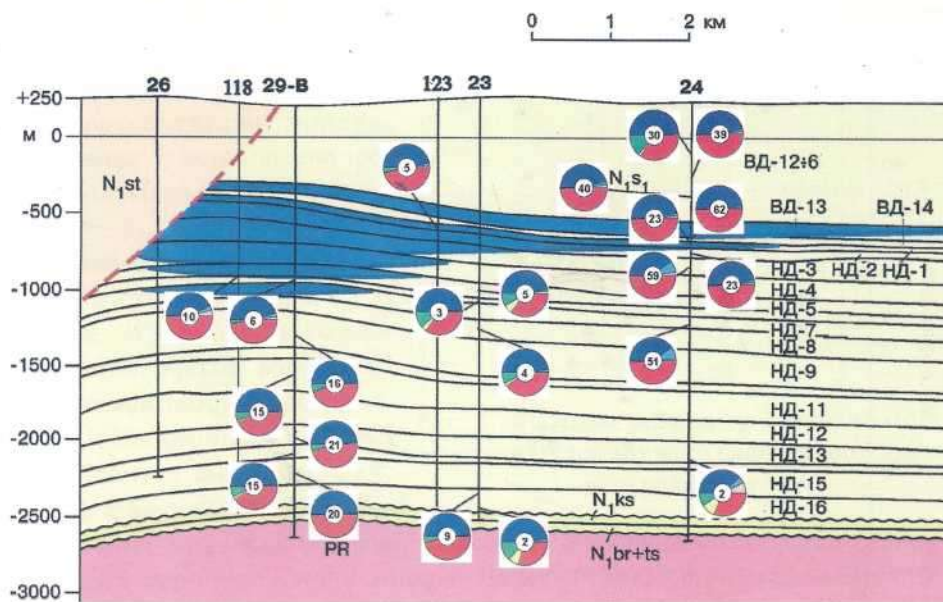


Рис. 3. Гідрогеохімічний розріз Хідновицького газового родовища (по лінії I-I див. рис. 2).
(Склав В. В. Карабин за матеріалами ІГГК НАН України, ЛВ УкрДГРІ, УНГА та ДП "Західукргеологія", 2004 р.).

перпендикулярів кожної крапки до кореляційної прямої (Смирнов, 1981; Давид, 1980; Мягков, 1984). Для окремих груп вод (кількість випадків та відповідність закону нормального розподілу дали змогу використати параметричні статистики) методом головних компонент без обертання векторів розраховано та візуалізовано факторні навантаження ознак параметрів вод та розподіл ознак проб у полях відповідних факторів. Статистичні розрахунки проведено за допомогою програми STATISTICA. Інтерпретацію факторної структури та виділення геохімічних парагенетичних асоціацій здійснено на основі (Мягков, 1984; Белонин и др., 1982) та власному досвіді.

Результати досліджень. Мінералізація вод Хідновицького газового родовища коливається в широких межах від 2 до 150 г/дм³ за середнього значення 35 г/дм³. За величиною загальної мінералізації та глибиною відбору пластові води можемо умовно поділити на дві групи (рис. 4). До першої групи належать високомінералізовані води та солянки (чорні крапки), до другої (білі крапки) мало- і середньомінералізовані води і води, імовірно, техногенного конденсаційного походження.

За генетичною класифікацією В. А. Суліна, більшість усіх вод є хлоридно-кальцієвого типу, що характерно для пластових вод нафтогазоносних басейнів, і лише 19 проб води належать до гідрокарбонатно-натрієвого типу.

Характеристика хімічного складу вод за компонентами, які переважають (понад 10 %-екв), є більш розмаїтою. Отже, на родовищі найпоширенішими є такі групи вод: хлоридні натрієві – 51,7 %; хлоридні кальцієво-натрієві – 12,1 %; хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві – 5,2 %; гідрокарбонатно-хлоридні натрієві – 20,7 %; у сумі вони становлять 89,7 % всієї кількості проб. Решта проб вод (10,3 %) мають змішаний "екзотичний" склад:

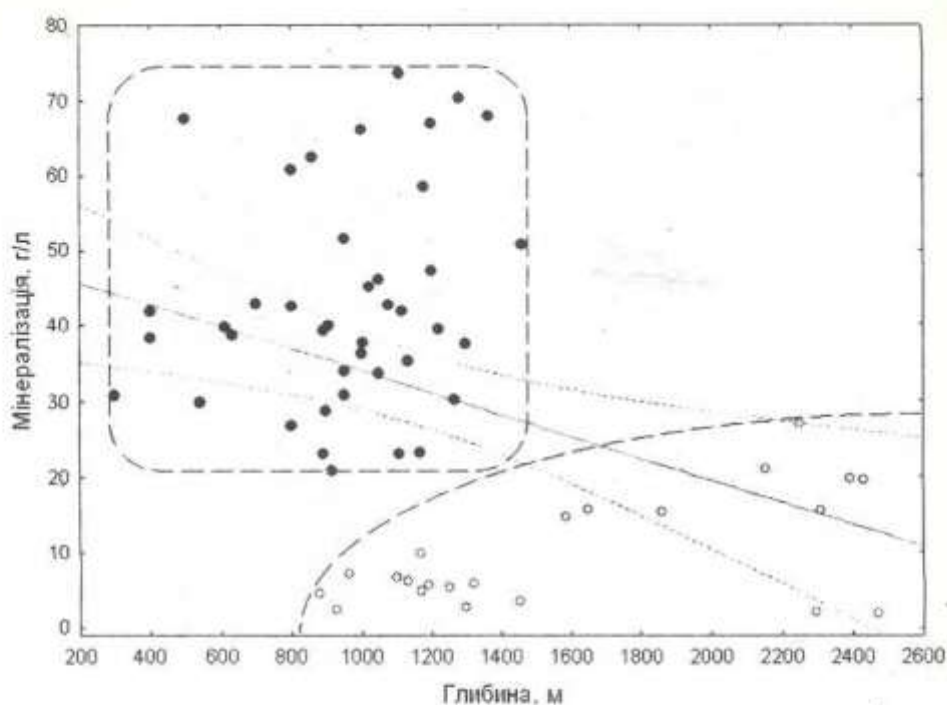


Рис. 4. Розподіл вод різної мінералізації з глибиною

сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридний натрієвий (2 проби), гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий (1 проба), гідрокарбонатно-хлоридний кальцієво-натрієвий (1 проба) і хлоридний натрієво-кальцієвий (1 проба). Розглянемо найголовніші групи вод.

На Хідновицькому родовищі домінує група хлоридних натрієвих вод. Вона у 2,5 рази переважає за об'ємом інші групи вод, що відрізняє це родовище від багатьох інших у Зовнішній зоні, де в сарматських відкладах домінують хлоридні кальцієво-натрієві води.

Вміст хлору у хлоридних натрієвих водах Хідновицького родовища коливається в межах 83–100 %-екв., натрію – 83–99 %-екв. Інші йони присутні в незначних кількостях: HCO_3^- – 0,2–9 %-екв, SO_4^{2-} – 0–2 %-екв, Ca^{2+} – 0,3–9 %-екв, Mg^{2+} – 0–7 %-екв. Мінералізація вод коливається в широких межах 2,4–72,8 г/дм³, за середнього значення 28,0 г/дм³, дисперсії 178. Здебільшого (80 %) мінералізація коливається від 5,7 до 45,5 г/дм³, а половина усіх значень лежить у межах від 14,5 до 39,6 г/дм³ (рис. 5). Водневий показник цих вод – 5,6–9,0.

Середній хімічний склад цієї групи вод можна представити такою формулою (за зразком формули Курлова):

$$\text{M}_{32,4} \frac{\text{Cl}97[\text{HCO}_3\text{2SO}_4\text{1}]}{\text{Na}90[\text{Ca}5\text{Mg}4]} \text{pH}6,5. \quad (1)$$

Хлоридні натрієві води розповсюджені майже у всіх глибоких водоносних горизонтах від НД-15 до ВД-11, у широкому інтервалі глибин 300–2433 м (див. рис. 3). Рівномірно розподілені ці води і на площі (див. рис. 1, 2). Оскільки для всіх параметрів складу і відбору цих вод не відкидається

нормальний тип розподілу, то можемо застосувати усі види параметричних статистик.

За результатами кореляційного аналізу встановлено зростання кількості HCO_3^- (рис. 6), B_2O_3 (рис. 7) і коефіцієнта метаморфізації вод $r\text{Na}/r\text{Cl}$ та зменшення вмісту Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- з глибиною. Зі збільшенням коефіцієнта метаморфізації вод $r\text{Na}/r\text{Cl}$ збільшується вміст гідрокарбонат-іону і відношення $r\text{SO}_4 \cdot 100 / r\text{Cl}$ та зменшується вміст Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- і, як наслідок, загальна мінералізація вод. Оскільки води з високим відношенням $r\text{Na}/r\text{Cl}$ (понад 1,7) мають середню і малу мінералізацію (4,0–27,0 г/дм³), то можна припустити розбавлення цих вод технічними.

Концентрація бромю, йоду та амонію змінюється разом із загальною мінералізацією та вмістами натрію, кальцію і магнію.

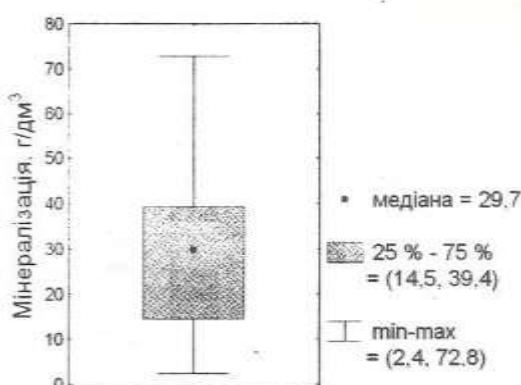


Рис. 5. Діаграма розподілу мінералізації хлоридних натрієвих вод Хідновицького газового родовища

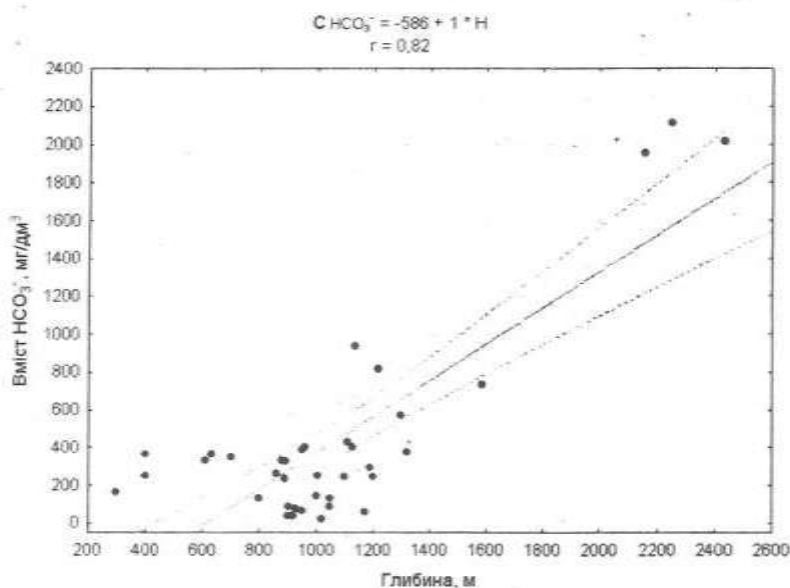


Рис. 6. Графік кореляційної залежності між вмістом HCO_3^- та глибиною відбору проби

За результатами факторного аналізу можна виділити дві парагенетичні асоціації компонентів пластових вод. До першої належать іони Cl^- , K^+Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Br^- , J^- та загальна мінералізація, зі збільшенням вмісту і величини яких закономірно зменшується значення показника метаморфізації вод $r\text{Na}/r\text{Cl}$, показника $\text{SO}_4 \cdot 100 / \text{Cl}$ та глибина відбору. До другої парагенетичної асоціації входять B_2O_3 , HCO_3^- , глибина відбору, SO_4^{2-} та $r\text{Na}/r\text{Cl}$ (рис. 8).

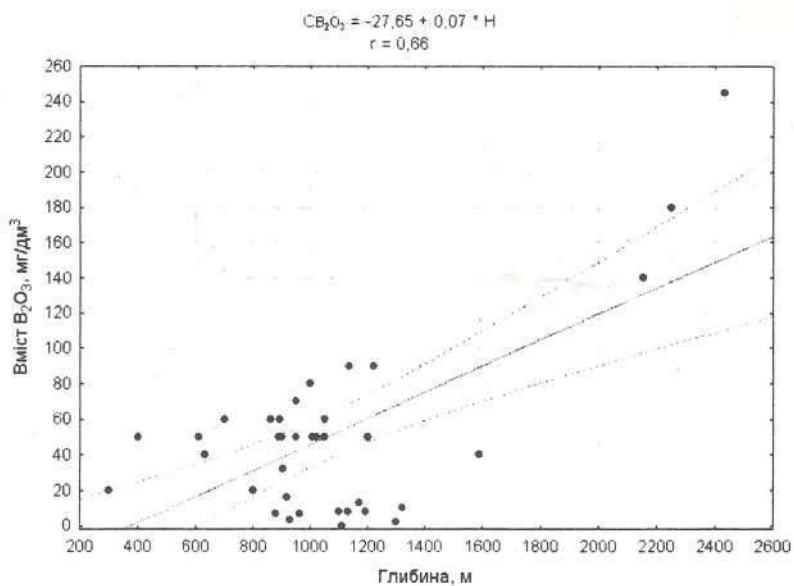


Рис. 7. Графік кореляційної залежності між вмістом B_2O_3 та глибиною відбору проби

Розглянемо першу парагенетичну асоціацію. Мінералізація вод визначається вмістом Cl^- , K^+Na^+ та частково Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Br^- , J^- , кількість яких збільшується зі зменшенням глибини відбору проб, величин rNa/rCl та $rSO_4 \cdot 100/rCl$. Для більшої частини досліджуваних вод характерні середня і висока мінералізація та збільшення вмісту K^+Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , Br^- , J^- , що відображено у верхній правій частині рис. 9. Проте існують води (проби № 50, 58, 41, 44, 42, 60, 49 у верхньому лівому квадранті рис. 10 та проби № 63, 64, 67 у лівому нижньому квадранті), відібрані з глибоких горизонтів з незначною для пластових вод мінералізацією (від 2,9 до 9,9) та високим значенням відношень rNa/rCl та $rSO_4 \cdot 100/rCl$.

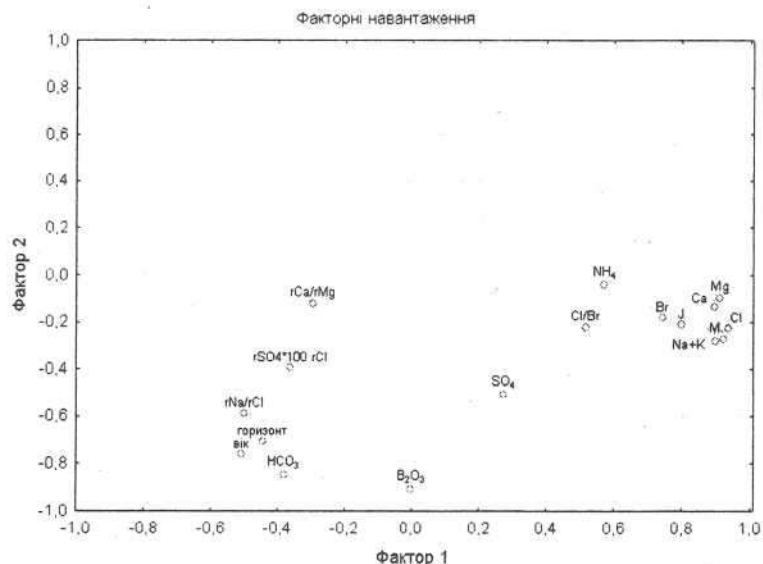


Рис. 8. Факторні навантаження ознак параметрів хлоридних натрієвих вод Хідно-вицького газового родовища в полях факторів Ф1 і Ф2

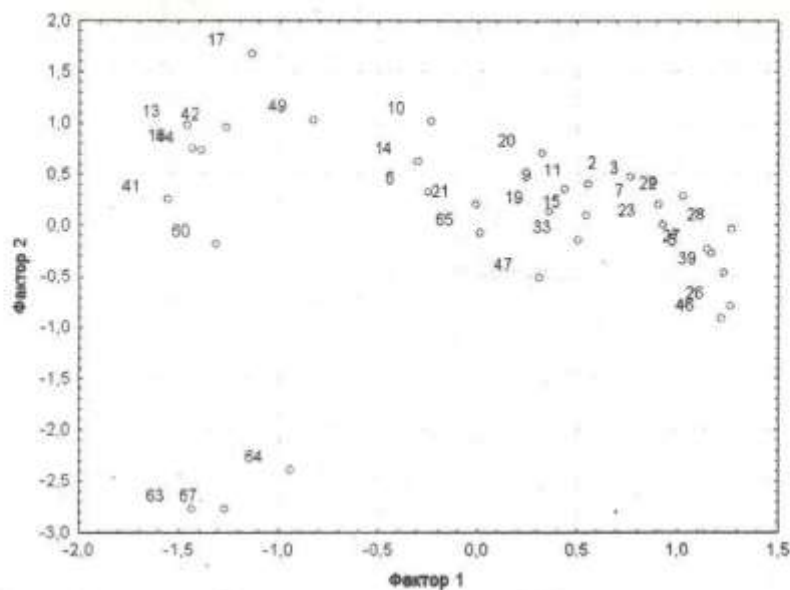


Рис. 9. Розподіл ознак проб хлоридних натрієвих вод Хідновицького газового родовища в полях факторів Ф1 і Ф2. Цифрою позначено номер проби.

Загалом фактор 1 виявляє закономірність зменшення вмісту $K^+ + Na^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , Br^- , I^- , а разом з ними і загальної мінералізації зі збільшенням глибини відбору проби.

Друга парагенетична асоціація об'єднує B_2O_3 , HCO_3^- , глибину відбору, SO_4^{2-} і rNa/rCl . Підвищена концентрація B_2O_3 , HCO_3^- та SO_4^{2-} характерна для трьох проб (№ 63, 64, 67) зі св. 29, 33, відібраних з горизонтів НД-13, НД-14 на глибині 2155–2433 м з мінералізацією 19,6–27,0 г/дм³, вмістом SO_4^{2-} від 136 до 406 мг/дм³ та підвищеними значеннями коефіцієнта метаморфізації rNa/rCl від 1,02 до 1,11. Ці води є хлоридними натрієвими зі значними домішками гідрокарбонатіону від 7,7 до 9,4 г-екв % /дм³, а в абсолютних одиницях від 1952 до 2111 мг/дм³. Свердловини 29 та 33 розташовані в зоні насуву. За таких умов високий коефіцієнт метаморфізації поряд з дещо підвищеним відносним вмістом HCO_3^- та, частково, SO_4^{2-} вказує на відносну відкритість водоносних горизонтів у тріщинуватих зонах (Гавриленко, 1965).

Група хлоридних кальцієво-натрієвих вод поширена переважно в середній частині розрізу в горизонтах НД-7, НД-6, НД-4 і НД-3 нижньодашавської підсвіти на глибинах 500–1460 м. Води отримані зі св. № 24, 32, 33, 34, 36, 38, 42, які розташовані в різних частинах площі. Вміст хлору в цих водах коливається від 94,5 до 99,7 г-екв % /дм³, натрію – 69,2–89,3, кальцію 9,9–22,9, магнію – 0,4–9,3 г-екв % /дм³. Загальна мінералізація вод змінюється від

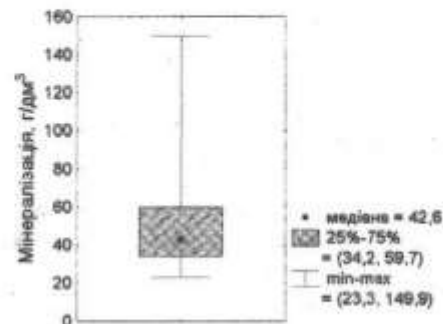


Рис. 10. Діаграма розподілу мінералізації хлоридних кальцієво-натрієвих вод Хідновицького газового родовища

23,3 до 149,9 г/дм³, за середнього значення 56,0 та дисперсії 1107. Більшість проб мають мінералізацію, близьку до середньої і меншу (див. рис. 10).

Концентрація бромиду змінюється від 58 до 414 мг/дм³, йоду – 3,4–45,1 мг/дм³, оксиду бору – 0–210 мг/дм³, амонію – 0–150 мг/дм³. Слід зазначити, що вміст бромиду, як і у хлоридних натрієвих водах, зростає відповідно до загальної мінералізації. Концентрація йоду зменшується з глибиною, чого не відбувалося у хлоридних натрієвих водах (рис. 11).

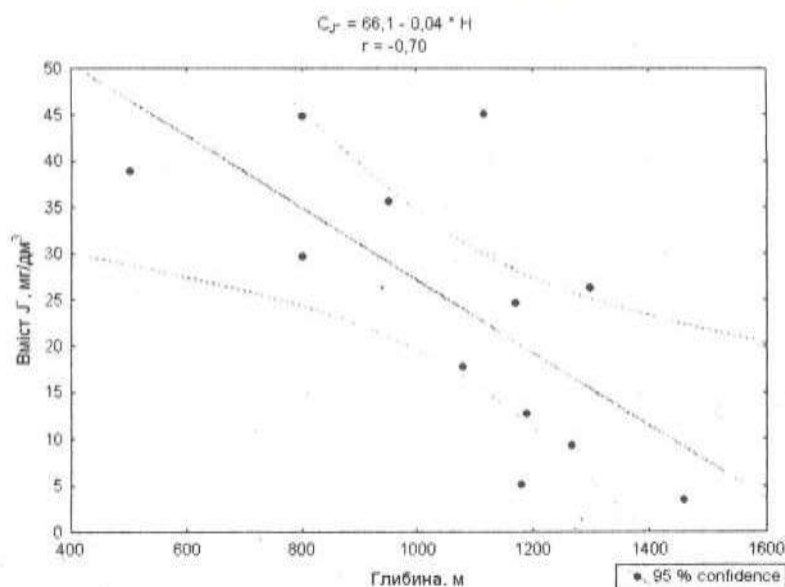


Рис. 11. Графік кореляційної залежності між вмістом I_2 та глибиною відбору проби

Концентрація йону амонію прямо корелюється з кількістю йоду та зворотно (що не спостерігалось у хлоридних натрієвих водах) з сульфат-іоном та оксидом бору. Цікавим фактом також є те, що найменший вміст йоду та відсутність амонію виявлено у водах зі св. № 24 (горизонти НД-3 і НД-7), яка знаходиться в північній частині родовища на найбільшій відстані від насуву.

Показник метаморфізації $r_{\text{Na}/r_{\text{Cl}}}$ у хлоридних кальцієво-натрієвих водах є дещо нижчим порівняно з хлоридними натрієвими водами і коливається від 0,69 до 0,91 за середнього значення 0,82, що вказує на кращу ізолюваність водоносних горизонтів. Показник Cl/Br , як і в хлоридних натрієвих водах, коливається від 210 до 400, за середнього значення 237.

Хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві води є менш мінливими за загальною мінералізацією (середня – 79,8 г/дм³) та вмістом таких головних компонентів:

$$M_{66-113} = \frac{\text{Cl}(98-99)}{\text{Na}(73-79), \text{Ca}(11-17), \text{Mg}(10-11)} \quad (2)$$

Вміст бромиду (мг/дм³) у середньому становить 240 (155–2154), йоду 45 (23–76), оксиду бору 57 (29–70), амонію 145 (100–255), що є вищим, ніж у хлоридних кальцієво-натрієвих водах. Коефіцієнт метаморфізації $r_{\text{Na}/r_{\text{Cl}}}$,

подібно як і в хлоридних кальцієво-натрієвих водах, змінюється від 0,74 до 0,80 за середнього значення 0,76.

Виявлені хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві води на глибині від 1000 до 1365 м у водоносних горизонтах НД-3, НД-4, НД-5 нижньодашавської підсвіти св. № 38, 132, 131, які знаходяться на південній частині ділянки поблизу або в зоні насуву.

Інші води, гідрокарбонатно-хлоридні натрієві (6 проб), сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридні натрієві (2 проби), гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридні магнієво-натрієві (1 проба), гідрокарбонатно-хлоридні кальцієво-натрієві (1 проба), відібрані св. № 23, 24, 27, 29 на рівні горизонтів від нижньо-сарматського до НД-5 нижньодашавської світи (глибина 1171–2470 м), характеризуються низькою мінералізацією 2,0–15,7 г/дм³, мінливим вмістом бромиду (1,5–24,5 мг/дм³), йоду (0,2–30,9 г/дм³), оксиду бору (0–140 г/дм³), амонію (0–75 г/дм³). Коефіцієнт метаморфізації в гідрокарбонатно-хлоридних кальцієво-натрієвих водах та п'яти (з шести) пробах гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих вод близький до одиниці (0,93–1,11). Підвищеним показником метаморфізації вод є в гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридних магнієво-натрієвих (1,18) водах і в сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих (1,21–1,53).

Хлоридні натрієво-кальцієві (1 проба) води, відібрані св. 39 з горизонту НД-1 (глибина 950 м), мають високу мінералізацію 51,6 г/дм³, збіднені гідрокарбонат-іоном (0,3 г-екв %/дм³) та характеризуються низьким коефіцієнтом метаморфізації – 0,81.

Окремо слід виділити пробу гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих середньо мінералізованих (30 г/дм³) збіднених кальцієм (0,4 г-екв %/дм³) вод. За генетичною класифікацією В. А. Суліна ця вода належить до гідрокарбонатно натрієвого типу. Коефіцієнт метаморфізації цих вод – 9,14. Вода відібрана св. 24 з горизонту ВД-11 (глибина 540 м).

Обговорення результатів. Для головних типів пластових вод Хідновицького родовища з глибиною зменшується загальна мінералізація вод і вміст йоду та збільшується вміст HCO_3^- , B_2O_3 , а також показник метаморфізації вод $r_{\text{Na}}/r_{\text{Cl}}$. Встановлено прямий кореляційний зв'язок між вмістом B_2O_3 та HCO_3^- .

Такі умови, на нашу думку, є проявом так званої гідрогеохімічної інверсії, яка сформувалася внаслідок формування седиментогенних (літогенних) вод через зміну мінералізації вод басейнів седиментації – поступово мінералізація вод зростала від часу формування горизонту НД-14 до ВД-1. Гідрогеохімічна інверсія є звичайним явищем у межах газових родовищ, сформованих у сарматських відкладах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Особливістю гідрогеохімії Хідновицького родовища є домінування хлоридних натрієвих вод, а не хлоридних кальцієво-натрієвих, як у межах більшості сарматських родовищ Зовнішньої зони.

Гідрокарбонатно-хлоридні натрієві води, імовірно, мають конденсаційне походження, про що свідчать високий коефіцієнт метаморфізації та значний вміст йоду, оксиду бору, іону амонію, порівняно з малою мінералізацією.

Цікавою є роль насуву Внутрішньої зони Передкарпатського прогину на Зовнішню у формуванні хімічного складу вод. Поблизу насуву пробурені

св. № 25, 2, 26, 130, 33, 29, 109, 135, 126, 34, 127, 104 2-Бр, 37, 31, 38 (з північного заходу на південний схід), (див. рис. 1, 2). Води, відібрані св. 29 та 33 з глибоких горизонтів (НД-13, НД-14), характеризуються мінералізацією 19,6–27,0 г/дм³, підвищеними значеннями коефіцієнта метаморфізації $r_{Na/rCl}$ та вмісту B_2O_3 , HCO_3^- , SO_4^{2-} . Ці води є хлоридними натрієвими зі значними домішками гідрокарбонат іону від 7,7 до 9,4 г-екв % /дм³, а в абсолютних одиницях від 1952 до 2111 мг/дм³.

У водоносних горизонтах НД-3, НД-4, НД-5, які знаходяться вище, св. № 38, 132, 131 отримано хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві води з підвищеним вмістом бром, йоду, оксиду бору та амонію. Водночас зі св. № 24 (горизонти НД-3 і НД-7), що знаходиться у північній частині родовища, на найбільшій відстані від насуву зафіксовано найменший вміст йоду та відсутність амонію. Ці факти вказують на провідну роль насуву на ступінь відкритості водоносних горизонтів.

Окрім домінуючих на родовищі хлоридних натрієвих, хлоридних кальцієво-натрієвих, хлоридних магнієво-кальцієво-натрієвих, гідрокарбонатно-хлоридних натрієвих, встановлено води екзотичного складу. За твердженням В. В. Колодія та ін. (Маломинерализованные..., 1991) у газових родовищах Передкарпаття відсутні природні пластові води сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого, гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридного магнієво-натрієвого, гідрокарбонатно-хлоридного кальцієво-натрієвого складу. Такі води мають конденсаційне походження і, незважаючи на їхню переважно невисоку мінералізацію, можуть бути небезпечними для довкілля. Зокрема, гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридна магнієво-натрієва вода зі св. № 24 (горизонт НД-13) має низьку мінералізацією 2,1 г/дм³ (співставиму з мінералізацією деяких лікувальних мінеральних вод). Водночас вміст у ній хлоридів сягає 710 мг/дм³, що у 2,84 рази перевищує допустимі норми (250 мг/дм³) для вод господарсько-питного водопостачання. Концентрація сульфатів (312 мг/дм³) в 1,25 рази перевищує санітарні норми (Наказ..., 1996). Тому, незважаючи на відносно низьку мінералізацію, конденсаційні пластові води та їхні суміші з іншими водами є небезпечними в разі виходу на поверхню.

Гідрокарбонатно-хлоридні натрієві води є, імовірно, сумішшю природних хлоридних натрієвих вод, які переважають у водоносних горизонтах Хідновицького родовища, з технічними водами.

Висновки.

1. Пластові води Хідновицького газового родовища мають головно хлоридний натрієвий, хлоридний кальцієво-натрієвий, хлоридний магнієво-кальцієво-натрієвий та гідрокарбонатно-хлоридний натрієвий склад. Решта вод (10,3 %) мають змішаний "екзотичний" склад: сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридний натрієвий, гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий, гідрокарбонатно-хлоридний кальцієво-натрієвий і хлоридний натрієво-кальцієвий.

2. У головних типах пластових вод з глибиною зменшується загальна мінералізація і вміст йоду та збільшується вміст HCO_3^- , B_2O_3 , а також показник метаморфізації вод $r_{Na/rCl}$. Існує прямий кореляційний зв'язок між B_2O_3 та HCO_3^- .

3. На родовищі встановлено явище гідрогеохімічної інверсії, що відбулося внаслідок формування седиментогенних (літогенних) вод через зміну мінералізації вод басейнів седиментації.

4. У межах родовища домінують хлоридні натрієві води, що є його особливістю. У цих водах виділяється дві парагенетичні асоціації компонентів пластових вод. До першої належать іони K^+Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , Br^- , J^- та загальна мінералізація, зі збільшенням вмісту і величини яких закономірно зменшуються значення показника метаморфізації вод rNa/rCl , показника $SO_4 \cdot 100/Cl$ та глибина відбору. До другої парагенетичної асоціації входять B_2O_3 , HCO_3^- , глибина відбору, SO_4^{2-} та rNa/rCl . Встановлено закономірність зменшення вмісту K^+Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , Br^- , J^- , а разом з ними і загальної мінералізації зі збільшенням глибини відбору проб. Обґрунтовано відносну відкритість водоносних горизонтів у тріщинуватих зонах.

5. У хлоридних кальцієво-натрієвих водах вміст бромиду, як і у хлоридних натрієвих, зростає відповідно до загальної мінералізації, проте концентрація йоду зменшується з глибиною, чого не відбувалося у хлоридних натрієвих водах. Концентрація йону амонію прямо корелює з кількістю йоду та зворотно (що не спостерігалось у хлоридних натрієвих водах) з сульфат-іоном та оксидом бору.

Горизонти з хлоридними кальцієво-натрієвими водами є гідрогеологічно краще ізольованими, ніж горизонти з хлоридними натрієвими, про що свідчать менші значення показника метаморфізації rNa/rCl .

6. Провідна роль у ступені гідрогеологічної відкритості водоносних горизонтів належить насуву Внутрішньої зони на Зовнішню Передкарпатського прогину.

7. Хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві води спорадично розповсюджені в південній частині родовища поблизу або в зоні насуву та характеризуються підвищеним вмістом йону амонію (100–255 мг/дм³).

8. Гідрокарбонатно-хлоридні натрієві води мають конденсаційне походження, що підтверджується високим коефіцієнтом метаморфізації та значним вмістом йоду, оксиду бору та йону амонію порівняно з малою мінералізацією.

Атлас родовищ нафти і газу України: У 6т. / Гол. ред. М. М. Іванюта. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т. 4. – 328 с.

Белонин М. Д., Голубева В. А., Скублов Г. Т. Факторный анализ в геологии. – М.: Недра, 1982. – 269 с.

Гавриленко Е. С. Гидрохимические показатели нефтеносности по солевому и изотопному составу подземных вод. – Киев: Наук. думка, 1965. – 189 с.

Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд / Пер. с англ. – Л.: Недра, 1980. – 359 с.

Маломинерализованные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных водоносных бассейнов Украины / В. В. Колодий, В. М. Щепак, Б. И. Нудык и др. – Киев: Наук. думка, 1991. – 184 с.

Мягков В. Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. – М.: Недра, 1984. – 126 с.

Наказ міністерства охорони здоров'я України № 383 від 23 грудня 1996 р. про

затвердження державних санітарних правил і норм "Вода питна, гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" // Ваше здоров'я. – 1997. – № 38 (266). – С. 9–10.

Смирнов Б. И. Корреляционные методы при парагенетическом анализе. – М.: Недра, 1981. – 176 с.

Щерба В. М., Павлюх И. С., Щерба А. С. Газовые месторождения Предкарпатья. – Киев: Наук. думка, 1987. – 147 с.

Щерба В. М., Яцишин Л. Н. Коллекторы Ходновичского месторождения газа // Коллекторы нефтегазоносных районов Украины. – Киев: Наук. думка, 1967. – С. 96–102.

Пластові води Хідновицького газового родовища мають головно хлоридний натрієвий (що є особливістю родовища), хлоридний кальцієво-натрієвий, хлоридний магнієво-кальцієво-натрієвий та гідрокарбонатно-хлоридний натрієвий склад. Решта вод (10,3 %) мають змішаний "екзотичний" склад: сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридний натрієвий, гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий, гідрокарбонатно-хлоридний кальцієво-натрієвий і хлоридний натрієво-кальцієвий.

У головних типах пластових вод з глибиною зменшується загальна мінералізація і вміст йоду та збільшується вміст HCO_3^- , B_2O_3 , а також показник метаморфізації вод $r_{\text{Na}/r_{\text{Cl}}}$. Існує прямий кореляційний зв'язок між B_2O_3 та HCO_3^- .

Встановлено явище гідрогеохімічної інверсії, що відбулося внаслідок формування седиментогенних (літогенних) вод через зміну мінералізації вод басейнів седиментації.

Обґрунтовано відносну відкритість водоносних горизонтів у тріщинуватих зонах та зоні насуву Внутрішньої зони Передкарпатського прогину на Зовнішню і провідну роль насуву у ступені гідрогеологічної відкритості водоносних горизонтів. Встановлено води гідрокарбонатно-хлоридного натрієвого складу конденсаційного походження.

Ключові слова: газове родовище, пластові води, Зовнішня зона Передкарпатського прогину, парагенетичні асоціації.

Стаття надійшла
23.05.2005