**ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА МИНЕРАЛНА ВОДА И ГАС CO2 ВО СЕЛО РИБАРЦИ, ОПШТИНА НОВАЦИ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

**1 Војо Мирчовски, 1Тена Шијакова Иванова, 1 Ѓорги Димов**

1 Факултет за Природни и Технички науки Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

vojo.mircovski@ugd.edu.mk

**Краток извадок.** За истражување и експлоатација на минерална вода и гас СО2 во околината на селото Рибарци се изведени две истражно-експлоатациони дупнатини во рамките на неогените седименти.

Водоносните хоризонти во рамките на комплексниот тип на водоносници се јавуваат на повеќе нивоа. Истите се одликуваат со променлива дебелина на водоносните хоризонти, т.е. поединечна дебелината на водоносните слоеви најчесто се движи во граница од 2.0-10.0 m., додека вкупната дебелина на сите водоносни слоеви во рамките на целиот неоген комплекс се движи во границите од 10 - 20%, од вкупниот депозит на неогените седименти.

Првата дупнатина (Б-1) е изведена до длабина од 300 m и издашноста на истата изнесува 50 l/s. додека втората дупнатина (Б-2) е изведена до длабиона од 52 m и има издашност од 3,8 l/s.

Карактеристично за овој тип на водоносник е тоа што водата е минерална и со себе носи одредени количини на гас CO2. Механизмот на самоизлевањето на вода од изведените дупнатини и бунари е условен од гасовите.

Според хидрохемискиот тип водата е хидрокарбонатна ***-*** хлоридна, натриум-магнезиумска вода. Температурата на водата е 18 °С. Вкупната минералиација е 876 mg/l а електроспроводливоста е 12840 mScm-1. Минералната вода од овој бунар е со висок степен на карбонатна тврдина од 381.56 dHo односно висока вкупна тврдина од 262.26 dHo.

**Клучни зборови:**истражување, издан, експлоатациона дупнатина, резерви, артески издан.

**HYDROLOGICAL EXPLORATIONS OF MINERAL WATER AND GAS CO2 IN THE VILLAGE RIBARCI, MUNICIPALITY OF NOVACI, REPUBLIC OF MACEDONIA**

**1Vojo Mirchovski, 1Tena Sijakova Ivanova, 1Gorgi Dimov**

1 Faculty of Natural and Technical Sciences - University "Goce Delchev" - Stip

vojo.mircovski@ugd.edu.mk

**Abstract.** The exploration and exploitation of mineral water and CO2 gas in the vicinity of the village Ribarci are derived two research and exploitation drillings within the Neogene sediments.
Water-horizons within the complex type of aquifers occur at many levels. They are characterized by variable thickness of the water-horizons, individual thickness of aquifers usually ranges from 2.0-10.0 m., while the total thickness of all aquifers within the entire Neogene complex varies in the range from 10 - 20% of the total deposits of Neogene sediments.

The first borehole (B-1) is performed to a depth of 300 m and its yield is 50 l/s. while the second borehole (B-2) is performed to a depth of 52 m and has a yield of 3,8 l/s.

The characteristic of this type of aquifer is that water is mineral and brings large amounts of gas CO2. The mechanism of discharge of water from performed drillings and wells is influenced by the gas.

According to the hydro chemical type the water is hydrocarbons – chloride and sodium-magnesium. The water temperature is 18 ° C. The total mineralization is 876 mg/l and electrical conductivity is 12840 mScm-1 . Mineral water from the wells is with a high degree of carbonate hardness of 381.56 dHo or high total hardness of 262.26 dHo.

**Keywords**: research, aquifer, exploitation borehole, reserves, artesian aquifer.

**1. Вовед**

Според досегашните хидрогеолошки истражувања најпотенцијален простор за минерална вода и гас СО2 на територијата на Република Македонија е Битолското поле. Селото Рибарци во чија околина се вршени хидрогеолошките истражувања за минерална вода и гас СО2 прикажани во овој труд спаѓа во рамките на тој простор. Во административен поглед истражниот терен припаѓа во рамките на општина Новаци кој од нејзе е одалечен околу 5 km.

|  |
| --- |
|  |
| **Слика. 1. Географска положба на истражуваниот терен.** |

**Figure. 1 Geographical location of the investigated field.**

**2. Геолошка градба на теренот**

Пошироката околина на истражуваниот терен е изградена од прекамбриски, палеозоиски, мезозоиски и кенозоиски карпи.

**Прекамбриските карпи** претставуваат најстари творевини на овие простори. Истите ја градат основата на теренот. Распространети се по целиот обод на Пелагониската котлина и представени се со: *Окцасто - амигдалоидни дволискунски гнајсеви, Тракасто мусковитски гнајсеви и Гранат - страуролитски микашисти*.

**Палеозоиските карпи** на овој терен се представени со *кварцни и кварц - серицитски шкрилци* додека **Мезозоик** е претставен со *метаморфисани габрови* и *алкални гранити*.

**Кенозоик** во рамките на пошироката околина на Пелагониската котлина е представен со плиоцен и квартар.

*Плиоцен* има големо распространување на овие простори. Овие седименти залегнуваат транзгресивно преку прекамбриските и палеозоиските карпи (гнајсеви и микашисти), а представени се со фации од чакали, песоци и глини кои претставуваат базен дел на плиоценската седиментација

*Квартер* во рамките на пошироката околина на Пелагониската котлина представен е со: глациофлувијални наслаги, речни тераси, органогено мочуришни седименти, делувијални седименти, пролувијални, и алувијални седименти.

**3. Хидрогеолошки карактеристики на теренот**

На основа на геолошката градба и структурниот тип на порозност во рамките на карпестите маси на истражуваниот простор се издвојуваат следните типови на водоносници: водоносници со интергрануларна (меѓузрнеста) порозност и условно безводни терени.

Според водопропустливоста во рамките на збиениот тип на водоносници се издвоени: водоносници во водононосни средини со меѓузрнеста порозност (добро водопропустни), водоносници во водононосни средини со меѓузрнеста порозност (средно водопропустни), водоносници во водононосни средини со меѓузрнеста порозност (слабо водопропустни), комплексен тип на водносници во водоносни средини со меѓузрнеста порозност (средно водопропустни) и условно безводни средини (хидрогеолошки изолатори)

Според хидродинамичките карактеристики кои владеат во рамките на водоносните средини се издвојуваат следните типови на водоносници: водоносници со слободно ниво на подземни води и артески и субартески тип на водоносници (водоносници со ниво на подземни води под притисок).

Карпестите маси кои го градат истражниот терен према нивната хидрогеолошка функција се сврстени како: хидрогеолошки колектори, хидрогеолошки спроводници, хидрогеолошки комплекси и хидрогеолошки изолатори.

Како хидрогеолошки колектори и спроводници се издвојуваат карпестите маси со интергрануларна (меѓузрнеста) порозност.

Во групата на хидрогеолошки комплекси се издвоени неогените седименти, а во групата на хидрогеолошки изолатори издвоени се барските седименти, глините и алевритите во рамките на неогениот комплекс.

**4. Изработка на истражно - експлоатациони дупнатини**

За истражување и експлоатација на минерална вода и гас СО2 во околината на селото Рибарци се изведени две истражно-експлоатациони дупнатини во рамките на неогените седименти.

Првата дупнатина (Б-1) е изведена до длабина од 300 m со почетен пречник од 500 mm и завршен од 295 mm. Во нив се вградени експлоатациони конструкции со пречник до160 mm. Меѓупросторот помеѓу дупнатините и вградената конструкција во длабина од 0-72 m е изолиран со цемент а од 72-300 m е исполнет со гранулат од 4-8 mm.

Втората дупнатина (Б-2) е изведени до длабина од 52 m со пречник од 295 mm. Во бунарот до длабочина од 50 m вградени cе пластични ПВЦ - цевки Ø 160 mm, 10-барски, со дебелина на ѕидот на цевките од 8.5 mm. До длабочина од 15 m. извршена е цементација на бунарот и тоа, просторот помеѓу ѕидот на бунарот и просторот помеѓу ПВЦ цевката Ø 160 mm..

Заради близината на дупнатините и во двете дупнатини беше констатирана иста литолошка и хидрогеолошка градба. Дебелината и описот на литолошките членови е прикажан во табелата 1.

**Табела 1. Дебелина и опис на литолошките членови од дупнатината Б-1.**

**Table 1: Thickness and lithological description of members from borehole B-1**

|  |  |
| --- | --- |
| 0,0 – 0,5 m.  | Хумус; |
| 0,5 – 1,5 m.  | Кафеава мрсна глина; |
| 1,5 – 3,0 m.  | Кафеава заглинета прашина; |
| 3,0 – 10,0 m.  | Сиви до темно сиви слабо заглинети песоци; |
| 10,0 m -14,0 m.  | Прашинест до ситно зрн песок; |
| 14,0 m -17,6 m.  | Средно зрн до крупно зрн песок; |
| 17,6 m - 24,0 m.  | Прашинести до средно зрни песоци; |
| 24,0 m - 32,0 m.  | Чакалести разно гранулирани песоци; |
| 32,0 m - 36,0 m.  | Заглинети песоци; |
| 36,0 m - 48,0 m.  | Крупно зрн песок до ситно зрн чакал; |
| 48,0 m - 52,0 m.  | Песоклива глина; |
| 52,0 m - 61,5 m.  | Прашинести до средно зрни наместа слабо заглинети песоци; |
| 61,5 m - 78,0 m.  | Ситно зрни песоци (со присуство на гасови од 63m); |
| 78,0 m - 80,0 m.  | Песоклива глина; |
| 80,0 m - 95,0 m. | Песокливи чакали наместа со самци (гасови 80-90m); |
| 95,0 m - 96,0 m.  | Крупно зрн чакал со многу самци; |
| 96,0 m - 130,0 m.  | Различно дијагенизирани прашини; |
| 130,0 m -131,0 m.  | Неврзана прашина-муљ; |
| 131,0 m - 165,0 m.  | Прашинести песоци, наместа заглинети со местимична појава на гасови особено од 148-155 m; |
| 165,0 m - 169,0 m.  | Сива глина со уклопци од крупни чакали; |
| 169,0 m - 173,0 m.  | Песокливо - чакалеста глина |
| 173,0 m - 187,5 m.  | Ситнопесоклива заглинета прашина со појава на гас; |
| 187,5 m - 206,0 m.  | Заглинети ситнозрни песоци со местимична појава на гас; |
| 206,0 m - 220,0 m. | Разногранулирани песоци наместа чакалести со слаба појава на гас;  |
| 220,0 m - 232,0 m.  | Заглинети прашинести песоци со средна појава на гас; |
| 232,0 m - 238,0 m.  | Заглинети прашини наместа силификовани; |
| 238,0 m - 263,0 m.  | Чакалесто песоклива глина со појава на гас; |
| 263,0 m - 274,0 m.  | Заглинети песокливи прашини наместа чакалести со слабо до средно присуство на гас; |
| 274,0 m - 285,0 m.  | Песоклива збиена прашина; |
| 285,0 m - 292,0 m.  | Сиво зеленкаста збиена прашина со појава на гас; |
| 292,0 m - 300,0 m.  | Песоклива прашинеста глина; |

**5. Тестирање на дупнатините**

Co цел да се дефинираат хидродинамичките карактеристики на средината и издашноста на изведените експлоатациони бунари, односно снижувањето на нивото на подземна вода за соодветни количини на црпење, по извршената разработка и прочистување на бунарите пристапено е кон нивно тестирање (пробно црпење).

Тестирањето на дупнатините е изведено со мерење на протокот на водата.

Количината на вода на самоизливот на бунарот Б-1 е мерена со преливник од типот “чиполети”. Измерена е количина на самоизлив на минерална вода од 50 l/s.

Тестирањето на Б-2 е извршено со три капацитети од по 24 часа или вкупно 72 часа. Тестирањето е вршено континуирано без прекини.

На бунарот измерено е статичко ниво на подземна вода од 3.0 m.

По прекинот на црпењето мерен е повратокот, односно дотокот на нивото на подземна вода се до постигнување на статичкото ниво.

За време на првите 3-4 часа од тестирањето за секој капацитет во водата била присутна слаба матност од ситна песокливо-муљевита и лискуновита фракција која постепено исчезнувала. Во понатамошниот тек на тестирањето дошло до целосно избистрување на водата.

Резултатите од пробното црпење се прикажани во нареднава табела:

**Табела 2. Резултати од пробното црпење на експлоатациониот бунар Б-2**

**Table 2 Results from the test pumping of exploitation wells B-2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Експлоа-****тационен****бунар** | **НПВ стат.****(m)** | **Q** **(1/ѕ)** | НПВ **динам.****(m)** | Ѕ (m) | **qsp.****(l/s/m')** | **Времетраење на црпење****(h)** | **Забелешка** |
| **Б-2** | 3.00 | 2.0 | 6.05 | 3.05 | 0.65 | 24 | има стабили-зација на НПВ,водата сеизбиструва |
|  |  | 3.0 | 10.80 | 7.80 | 0.38 | 24 | има стабили-зација на НПВ,водата сеизбиструва |
|  |  | 3.8 | 25.10 | 22.10 | 0.17 | 24 | има стабили-зација на НПВ,водата сеизбиструва |

Од дијаграмот на функционалната зависност Q=f(S) се гледа дека при третиот капацитет на црпење на дупнатината од 3.8 l/ѕ доаѓа до позначајно снижување на нивото на подземната вода (смалување на специфичната издашност), поради што и не е пристапено кон црпење на бунарот со поголем капацитет.

За мерење на количината на гасот потребно е да се обезбеди специјална опрема: дегазатор (фаќач на гасот), соодветен резервоар за зафаќање на гасот (од ПВЦ-најлон или гумена фолија) манометри и друга опрема.

Имајќи го во вид постигнатото снижување на подземната вода од 1/2 од водениот столб во бунарот, како и функционалната зависност на капацитетот на црпење (Q) и специфичната издашност (q) од снижувањето (Ѕ), може да се констатира дека тестирањето на бунарот е успешно извршено односно постигнат е максималниот капацитет на бунарот.

Исто така ограничувачки фактор за црпење на бунарот со поголем капацитет од постигнатиот е опасноста од појава на пескарење на бунарот и негово заполнување со ситна фракција.

Врз основа на добиените резултати од извршеното тестирање на бунарот по формулата на Dipui за совршен бунар со слободно ниво е извршено пресметка на коефициентот на филтрција Kf.

Kf =0.732 $\frac{Q (lg\frac{R}{r})}{\left(2H-S\right)S}$

*Q - количина на црпење (втор капацитет) =3.0 1/ѕ = 259.2 m3 /den*

*R - радиус на депресија = 150 m*

*r - полупречник на бунарот= 0.21 m*

*Н - моќност на водоносен слој= 42.0 m*

*Ѕ- снижување на НПВ при вториот капацитет = 10.8 m*

**Kf** = **0.6 8 m/den = 7.9x10 -6 m/s**

**Т = 28.5 m2/den**

Добиените резултати од извршеното пробно црпење од експлоатациониот бунар (Б-2), како и пресметаниот коефициент на филтрација укажуваат на слаби до средни филтрациони карактеристики и слаба до средна водоносност на средината на оваа локација. При ваквиот заклучок треба да се има во вид фактот дека до длабочина од 15 метри извршено е изолирање на водоносните слоеви со цементација. Изолирањето на водоносните слоеви до длабочина од 15 m е направено поради сознанија за лош квалитет на водата во плитките водоносни хоризонти, кои најчесто се отворени кон површината на теренот и се изложени на постојано загадување.

**6. Резерви на минерална вода**

Врз основа на резултатите од извршените мерења на количината на минерална вода кај Б-1 дефинирани се експлоатационите резерви на минералната вода. Експлоатационите резерви на минерална вода изнесуваат 50 l/s . односно 4320 m3/den.

Со оглед на тоа што во непосредна близина на овој локалитет не постои друга концесија, како и стабилизираниот режим на работа на бунарот при мерењето на количините на минерална вода дефинираните експлоатациони резерви се дефинитивни.

Врз основа на добиените резултати од изведбата и тестирањето на бунарот Б-2 за негова успешна и долготрајна експлоатација се препорачува експлоатационен капацитет од 3.5 l/s. Иако со тестирањето на бунарот е добиен максимален капацитет од 3,8 l/s поради сигурна и долготрајна експлоатација на бунарот не се препорачува поголем експлоатационен капацитет од 3.5 l/s.

За задржување на експлоатационите резерви на дефинираното ниво потребно е да се задоволи условот на непостоење на друг експлоатационен бунар во радиус од 1 km од постоечкиот бунар кој е предмет на оваа анализа. Покрај ова неопходно е во техничка смисла да не дојде до промени кај бунарот.

За дефинирање на експлоатационите резерви на гас потребно е да се изврши мерење на количината на гасот. За тоа потребно е да се обезбеди специјална опрема: дегазатор (фаќач на гасот), соодветен резервоар за зафаќање на гасот (од ПВЦ-најлон или гумена фолија) манометри и друга техничка опрема која се применува за ваков вид на работи.

**7. Квалитет на минералната вода и гасот СО2**

Од водата од бунарот Б-1 изработена е комплетна физичко хемиска и радиолошка анализа на водата. Анализата на водата е направена во Републичкиот Завод за Здравствена Заштита на Р. Македонија.

За дефинирање на хидрохемискиот тип на водата според формулата на Курлов неопходно е да се прикаже содржината на основните катјони и анјони во mg/l, mg.ekv/l и mg.ekv/l,

Истото е прикажано во следната табела:

**Табела 3. Содржина на основни анјони и катјони**

**Table 3. Content of basic anions and cations**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **К** а т **ј о н и** | mg/l | mg.ekv/l | mg.ekv/l |
| Калциум (Са) | 53 | 2.64 | 1.31 |
| Магнезиум (Мg) | 1153 | 94.77 | 47.22 |
| Натриум (Na) | 2291 | 99.66 | 49.66 |
| Калиум (К) | 141 | 3.61 | 1.80 |
| Вкупно | 3638 | 200.68 | 99.99 |
| **А н ј о н и** |  |  |  |
| Хидрокарбонати (НСОЗ) | 8312 | 136.32 | 66.17 |
| Хлориди (С1) | 2246 | 63.11 | 30.63 |
| Сулфати (Ѕ04) | 317 | 6.59 | 3.20 |
| Вкупно | 10875 | 206.02 | 100.00 |

По споменатата формула хидрохемискиот тип на водата е ***хидрокарбонатна*** - ***хлоридна, натриум-магнезиумска вода.*** Температурата на водата е 18 °С. Вкупната минералиација е 876 mg/l а електроспроводливоста е 12840 mScm-1.

Минералната вода од овој бунар е со висок степен на карбонатна тврдина од 381.56 dHo односно висока вкупна тврдина од 262.26 dHo.

Од резултатите на изработената радиолошка анализа на водата се гледа дека истата покажува зголемена радиоактивност кај испитаните параметри односно зголемена вкупна индикативна доза.

Испитаниот примерок сирова природна минерална вода е исправен согласно со законските прописи во однос на испитаните параметри за бактериолошка и паратизолошка анализа, како и анализа на резидуи од пестициди. Кај ваков тип на води вообичаено е со текот на времето, а особено во почетниот период од експлоатацијата на бунарот да има промена на хемизмот на водата. Во оваа смисла за континуирано и точно дефинирање на физичко-хемискиот и радиолошкиот состав на минаралната вода се препорачува изработка на периодични (на секои шест месеци) физичко-хемиски и радиолошки анализи на водата.

**8. Генеза на минералната вода и гасот СО2**

Појавата на минералната вода и гасот во Битолското поле може да се поврзат со длабоките раседи и со градбата на плиоценските седименти. Во базалните делови плиоценот е изграден од грубокластичен материјал песоци и чакали кои се добро водопропусни. Над оваа серија како по хоризонтала така и по вертикала се менуваат различно водопропусни и водонеппропусни седименти. Овие творби се пониско од зоната на хранење со вода, што е услов за формирање на артеските издани. Неогените наслаги имаат благи падови према централниот дел на Битолската котлина што условува и движење на подземните води кон цетралните делови на котлината.

Хранењето на артеските издани се врши воглавно од површинските водотеци, атмосферските талози кои се инфилтрираат по ободните планински терени околу котлината, преку доток на подземни води од околните издани со пукнатинска порозност кои се наоѓаат на повисоко хипсометриско ниво и со доток на вода од подлабоките водонсосни средини.

Забележана е врска помеѓу артеските притисоци на дупнатините и интензитетот на врнежите. Во пролетните месеци кога има зголемен интензитет на врежи се зголемуваат и артеските притисоци во бунарите, што укажува дека во тој период се јавува зголемено пополнување на резервите на подземните води.

За генезата на гасот во Битолско поле постојат воглавно две теоретски мислења. Според Ѓузелковски Д. слободниот гас СО2 во минералните води во Битолкскиот басен е од ендогено потекло. Гасот кој доаѓа од голема длабочина преку главната дислокација која поминува низ Битолската котлина и низ другите блоковски раседи и пукнатини се излива и непрекинато ги закиселува артеските водонсни хоризонти.

Милојевиќ М (1990) врз основа на испитувањата кои ги вршел за утврдување на потеклото на гасот СО2 во термалните и киселите ладни води во реонот на Прокупље-Бујановац, смета дека генезата на гасот на испитуваниот терен е резулатат на трансформација на карбонатни карпи (мермери) каде температурите со повисоки од 100 Со. Истиот таков случај би можел да биде и со потеклото на гасот во Битолското поле бидејќи во неговата близна во околните терени се наоѓаат карбонатни карпи. Ова негово мислење се поклопува со мислењето на Kissin and Pakhomov [6] според кои СО2 настанува со хидролиза на карбонантите карпи на температури повисоки од 100 оС.

За да би се утврдило потеклото на гасот СО2 во Битолското поле потребно е да се извршат соодветни изотопски испитувања.

**9. Заклучок**

Извршените хидрогеолошки истражувања покажуваат дека минералната вода и гасот СО2 во околината на селото Рибарци се наоѓаат во повеќе хоризонти во неогените седименти. Оваа геолошка средина располага со значајни резерви на вода и гас кои можат да се експлатираат и да се добиваат економски ефекти. Кај дупнатината Б-1 дефинирани се експлоатационите резерви на минералната вода од 50 l/s, додека кај Б-2 добиен е максимален капацитет од 3,8 l/s. Според хидрохемискиот тип водата е хидрокарбонатна - хлоридна, натриум-магнезиумска вода. Температурата на водата е 18 °С. Вкупната минералиација е 876 mg/l а електроспроводливоста е 12840 mScm-1. Минералната вода од овој бунар е со висок степен на карбонатна тврдина од 381.56 dHo односно висока вкупна тврдина од 262.26 dHo.

**Користена литература**

[1] Думурџанов Н., Христов С., 1965: Толкувач на основната геолошка карта на Р. М. 1: 100 000 на листовите Витолиште и Кајмакчалан.

[2] Ѓузелковски Д., 1997: Подземни води (издан) за решавање на водоснабдувањето во Р. Македонија и нивна заштита. Институт Геохидропроект. Скопје.

[3] Котевски Ѓ. 1987: Хидрогеологија на минералните, термалните и термоминерални води на територијата на Р. Македонија. Самоуправна практика Скопје.

[4] Карајовановиќ М., Ивановски Т., 1972: Толкувач на основната геолошка карта на Р.М. 1: 100 000 на листовите Битола и Лерин.

[5] Мирчовски В 2013. Елабоат за одредување на заштитни зони околу бунарите Б-1 и Б-2 за експлоатација на минерална вода и гас CO2 на локалитетот село Рибарци – Битола.

[6] Kissin G. & Pakhomov J., 1967: The possibility of carbon dioxide generation at depth at moderately high temperatures, Akad. Nauk SSS, Doklady.