



**ОСОБЕНОСТИ НА ХИДРОГЕОЛОЖКИТЕ ПРОУЧВАНИЯ НА ПУКНАТИННИ ВОДОНОСНИ
ХОРИЗОНТИ В ТВЪРДИ СКАЛИ (НА ПРИМЕРА НА СЕНОНСКИЯ ВОДОНОСЕН ХОРИЗОНТ В
РАЙОНА НА РУДНИК "АСАРЕЛ")**

инж. Антоний Кисъов, antonykisyov@gmail.com

Въведение: Пукнатинните водоносни хоризонти в твърди скали са широко разпространени в планинските хидрогеоложки области и масиви. Те представляват колектор на пукнатинни и пукнатинно-жилни подземни води, които често представляват основният, а в някои случаи и единственият източник за питейно-битово водоснабдяване на населението. Намалването на световните водни ресурси в резултат на глобалните климатични промени, ускореното потребление и антропогенният натиск изискват спешни действия за оценка на наличните ресурси на подземни води в Р. България, в това число и на тези от пукнатинните водоносни хоризонти в планинските области.

Обща характеристика на изследвания обект

Меднопорфирно находище Асарел е разположено в Същинска Средна гора, на около 5 km северозападно от гр. Панагюрище и на 90 km югоизточно от гр. София. (фиг.1) Надморската височина на района варира между 520 m и 1525 m. В рамките на самия рудник тя се изменя между 570 m и 1175 m. Вертикалното разчленение на релефа в Средна гора е от 100 до 400 m/km² и се увеличава с надморската височина, а хоризонталното разчленение, е в порядъка от 1 до 2 km/km².

Находището е разположено в централната част на Асарел-Медетското рудно поле, то обхваща масива на бившия връх Разслатица, които понастоящем е зает от открития рудник Асарел. Формирането и локализацията на находище Асарел, както и на цялото рудно поле, се контролира от Асарелския вулcano-интрузивен комплекс. Находището е развито в гърловата част на Асарелския вулкан и внедреният по-късно субвулкански-хипоабисален Асарелски интрузив. Пространствено вулканският център се формира в участъка на пресичане между Миялския, Разслатишкия, Хаджитомовския, Асарелския, Мечитенския и Пановския разломи (Попов и др., 2012).

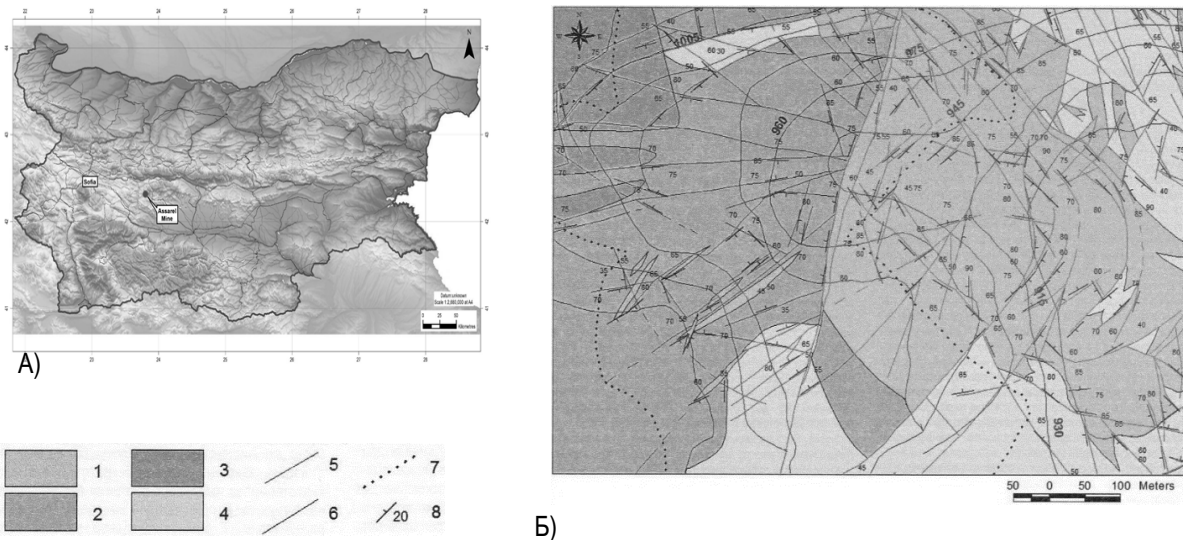
Образуването и пространственото положение на находище Асарел е в тясна връзка с процесите на неколкократно вулcano-тектонско разломяване и напукване на централната част на вулcano-интрузивния комплекс. Тези процеси се характеризират с развитието на система от радиално-концентрично напукване и разломяване. Това напукване очертава по-интензивно развитие на структурите със N-NW, NE, E-SE и E-NE посока.

Синхронно с разломяването се осъществява интензивно напукване на скалите. При изучаване на пукнатините в границите на рудника се установява едно постепено изменение в ориентацията на пукнатините от отделните групи във всички скални разновидности.

В хидрогеолошко отношение, котлованът на рудник „Асарел“ е заобиколен от изток от река Асарелска, а от запад от река Панова. В хидрогеолошко отношение повърхностният водосбор на рудник „Асарел“ е част от водосбора на р. Асарелска и р. Панова. Двете реки се вливат в р. Банска Луда Яна, десен приток на р. Луда Яна.

Речният отток е непостоянен, като през сухия сезон реките Асарелска и Панова почти пресъхват. Двете реки прихващат по-голямата част от повърхностния отток в района на рудника. В границите на находището речните корита на р. Асарелска и р. Панова са коригирани и техните води текат в бетонови канали.

Почвите във водосборните им басейна са главно канелени горски и средно пясъкливо-глинести с малка дълбочина и слаби регулиращи свойства. Растителната покривка в зоните над рудничният котлован е естествено залесена с широколистни гори (главно бук) и затревени ливади.



Фиг. 1. А) Местоположение на р-к „Асарел“; Б) Геолого-структурна карта на находище Асарел в границите на открития рудник (Петков и др. , 1991)

1 – Диоритови порфирити; 2 – гърлови андезити; 3 – ефузивни андезити; 4 – палеозойски гранити; 5 – разломи; 6 – минни хоризонти; 7 – контур на рудното тяло; 8 – елементи на залегане

Физикогеографска характеристика

Релеф

Рудник „Асарел“ се намира в Същинскосредногорския район на Краищенско-Средногорска област на Южнобългарската провинция, съгласно физикогеографското райониране на страната ни. Той е разположен в западната част на планината Същинска Средна гора, в подножието на върховете Лисец (1386 m) и Сивата грамада (1358 m).

Климат

Районът на рудник „Асарел“ попада в задбалканския нископланински климатичен район на преходно континенталната климатична подобласт.

Валежи

По данни от намиращата се на територията на р-к Асарел, метеорологична станция „Диспечерна“, са определени средно-годишните валежи в района - 945 l/m², като максималните и стойности достигат до 1473 l/m², а минималните - 577 l/m². Използваните данни обхващат периода 2000-2024г. (Таблица 1).

Таблица 1. Максималните, минималните и средните валежи по месеци за станция „Диспечерна“ [2004 - 2024г.]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Средно [l/m ²]	63	43	68	70	98	135	78	67	98	111	52	55	945
Минимум [l/m ²]	27	2	18	9	28	26	5	0	6,6	31	10	4	577
Максимум [l/m ²]	148	96	138	243	241	217	258	195	409	371	189	117	1473

Интензивни валежи

Денонощните максимални валежни височини - h_{24P} (mm) са с различна обезпеченост P (%) за района на „Асарел-Медет АД“. Изчислени са чрез относителни квантили за VI район по денонощен максимум

на валежите, като е определена средно-многогодишна стойност на денонощния максимум на валежите от 45.2 mm . (Таблица 2 и 3).

Таблица 2. Максимални валежни височини $h_{max}P$ (mm) с различна обезпеченост P (%) за района на "Асарел-Медет АД [Боснев, 2015].

P (%)	0.01	0.1	1	3	5	10	20	39	63
h_{24P} [mm]	196	149	107	88	80	69	57	46	37

Таблица 3. Максимални валежни височини с различно времетраене t (min) и обезпеченост P (%) - h_{tp} (mm) за района на "Асарел-Медет АД" [Боснев, 2015]

P (%)	h_{24P} (mm)	Времетраене t (min)									
		5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440
0.01	196	39	58	79	97	103	112	133	153	182	230
0.1	149	30	44	60	74	78	85	101	116	138	174
1	107	21	32	43	53	56	61	72	83	99	125
3	88	18	26	35	44	46	50	60	69	82	103
5	80	16	24	32	39	42	45	54	62	74	93
10	69	14	20	28	34	36	39	47	54	64	80
20	57	11	17	23	28	30	33	39	45	53	67
39	46	8	13	17	23	25	28	30	36	43	49
63	37	6	9	12	15	17	20	23	28	35	38

Снежна покривка

Снежна покривка в района на рудник „Асарел“ се образува от ноември до април. Средната дебелина на снежната покривка е $5 \div 16$ cm. Средната максимална височина е около $20 \div 25$ cm, а максималната ѝ стойност достига $80 \div 102$ cm, през месеците януари-февруари в зависимост от надморската височина. Устойчива снежна покривка се образува в края на декември и започва да се топи в средата на март, като напълно изчезва до края на месец април. Средната продължителност на снежната покривка е между 88 и 133 дни.

Температура

Регистри за дневната температура са налични, покривайки период от 2004 до 2023 г. Годишните температури в района на мината показват значителна промяна през цялата година, със зимни температури, които редовно падат под нулата, което предизвиква много от зимните валежи да падат като сняг, и летни температури, които често надхвърлят $30^{\circ}C$

Евапотранспирация

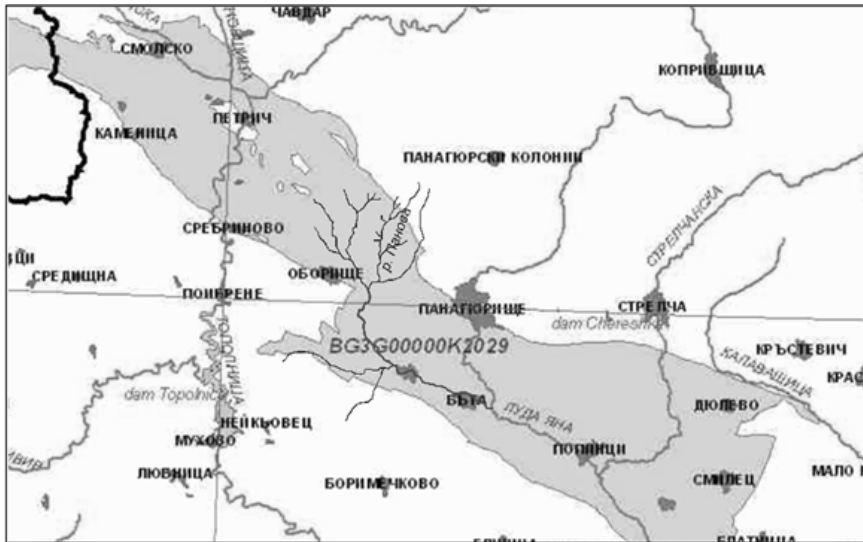
Една потенциална годишна стойност на евапотранспирация от 194.6 mm за открития рудник е изчислена от „БТ Инженеринг“ през 2009 г. с помощта на модела на воден баланс Thornthwaite (1948). От „СТЕФ 92 Технолъджи“ изчисляват потенциална стойност на евапотранспирация от 417 mm с помощта на проста емпирична формула, използвайки количествата валежи и измерените температури. От „АМЕК“ определят PE с помощта на FAO (1998), използвайки метода на Харгрийвс. Изчислената стойност е от 26 до 156 mm, които са доста близки до тази, определена от „БТ Инженеринг“.

Хидрогеоложки условия

Идентификация за подземните водни тела в района на рудник "АСАРЕЛ"

Според най-новата класификация на водоносните формации, рудник "Асарел" се разполага на територията на подземно водно тяло с код: BG3G00000K2029 - Пукнатинни води - ГорноМалинско-

Панагюрски район и водно тяло с код: BG3G00000Pt044 - Пукнатинни води - Западно- и Централнобалкански масив (Фиг. 2 и 3).



Фиг.2. Разположение на рудник "Асарел" спрямо подземно водно тяло с код: BG3G00000K2029 [Басейнова дирекция "Източнoбеломорски район" 2010-2015]

Подземното водно тяло с код: BG3G00000K2029 - Пукнатинни води - Г. Малинско-Панагюрски район се отнася към 4-ти слой - Горна Креда и се простира на площ от 542 km². Изградено е предимно от вулкански и магмени скали – туфи, туфобрекчи, андезити, гранодиорити, гранити и др. Има безнапорен режим на филтрация и среден модул на подземния отток $M_0 = 1 \text{ l/s/km}^2$. Естествените ресурси на подземното водно тяло са оценени на 540 l/s.

Подземното водно тяло с код: BG3G00000Pt044 - Пукнатинни води - Западно- и Централнобалкански масив се отнася към 6-ти слой - Протерозой и се простира на площ 4531 km². В района на разглежданото поречие, подземното тяло е изградено от протерозойски гранити. Има безнапорен режим на филтрация и среден модул на подземния отток $M_0 = 0.5 \text{ l/s/km}^2$. Естествените ресурси на подземното водно тяло са оценени на 2590 l/s.



Фиг.3. Разположение на рудник "Асарел" спрямо подземно водно тяло с код: BG3G00000Pt044. [Басейнова дирекция "Източнoбеломорски район" 2010-2015]

Характеристика на нискоранговите хидрогеоложки единици

Изследваната хидрогеоложка система, в чиито предели попада рудник „Асарел“, притежава много голяма филтрационна хетерогенност, предопределяща и наличието на твърде сложни хидравлични връзки. Все пак, на този фон се очертават няколко важни закономерности:

1. В скалния масив пространствено са обособени няколко зони, характеризиращи се със специфични филтрационни свойства. Това са зоните, заети съответно от пропилитите, аргилизите и кварцитите. Различните скални разновидности се отличават и с различна степен на напуканост, но в общи линии са твърде слабо напукани, което е предпоставка и за ниските им филтрационни характеристики. Коефициентът на филтрация на тези разновидности се изменя в относително тесен диапазон – от 1×10^{-3} до 2×10^{-2} m/d, като ниските стойности са по-представителни за аргилизите, а високите – за пропилитите.
2. Във вертикално направление в масива се детерминират две зони с рязко различаващи се филтрационни свойства.
 - Първата зона обхваща границите на изветрителната зона, т.нар. „окисна“ зона. Маркира най-горната част на скалния масив, като дебелината ѝ варира в диапазона от 30-50 до 150-200 m. В тази зона скалите са в различна степен изветрели и напукани, което предполага и относително високата проницаемост на средата. Това е основната зона на подхранване, движение и дрениране на подземния отток.
 - Втората зона обхваща дълбоките части на скалния масив, където скалите са слабо напукани до здрави. Филтрационните свойства на водовместващата среда са доста по-ниски в сравнение с първата зона. По-интензивната циркулация в тази зона се осъществява по оперяващи разломните нарушения и зони отворени пукнатини, които представляват естествени пътища за движение на подземните води.
3. Разломните системи, проявени в границите на находището, са с недостатъчно добре изяснена роля по отношение на филтрацията на подземните води. Според досегашните проучвания Южноразлатишкият разлом представлява регионален хидрогеоложки екран, който „подпира“ подземния отток, постъпващ от по-високите части на Същинска Средна гора. Във всички останали разломи, проявени в обхвата на рудника, е установено наличието на тектонска глина. Въпреки това, в страни от заглинения материал, зоните са силно напукани и оформят пространствени повърхнини с по-високи филтрационни характеристики.

Въз основа на внимателен анализ и интерпретация на наличната архивна информация и с оглед на посочените хидрогеоложки закономерности в района на рудник „Асарел“ могат да се детерминират четири ниско рангови хидрогеоложки единици (зони). Всяка от тези зони има сложна пространствена форма, предопределена от релефа на естествения терен, от геометрията на изграждащите ги литоложки разновидности, от конфигурацията на тектонските нарушения и от формата на котлована на рудника при различни етапи от неговата експлоатация. В Таблица 4 са представени осреднени данни за коефициента на филтрация на детерминираните хидрогеоложки единици.

Таблица 4

Хидрогеоложка единица (зона)	Колектор	Коефициент на филтрация k , m/d
1	Кварцити	6.36×10^{-3}
2	Аргилизити	1.09×10^{-3}
3	Пропилити	8.08×10^{-3}
4	Тектонска глина (разломи)	8.72×10^{-3}



Характер и структура на подземния поток

Подземните води в района на открития рудник и прилежащите му територии са безнапорни. На отделни места в масива съществуват и зони със слабонапорен до напорен тип води. Нивата на подземните води се установяват на различна дълбочина от повърхността, като варират в диапазона от няколко до 100 m и повече.

Генералната посока на подземния поток е от север-североизток на юг-югозапад. В естествени условия (преди изграждане на рудника) средният напорен градиент е висок - около 0.075, което е обичайно за планинските райони.

Баланс на подземните води в естествени условия

Основното подхранване на подземните води в района на рудник „Асарел“ е за сметка на инфилтрация на падналите валежи. Предвид посочената по-горе средногодишна стойност на сумата на валежите (992 mm) и площта на повърхностния водосбор (около 15 km²), количеството на падналите валежи е $Q_p = 472$ l/s. В условията на пукнатинен скален масив и при склонови терени с голям наклон, инфилтрацията Q_w , респ. подхранването на подземните води е около 5-6 % от общото количество на валежа, т.е. $Q_w = 25$ l/s.

Дренирането на подземните води в естествени условия се осъществява извън границите на изследвания район. Големината на напускащия водосбора подземен поток (Q_{gw}) може да се определи въз основа на съставеното балансово уравнение:

$$Q_{gw} = Q_p - Q_{sw} - Q_e$$

където: Q_{sw} – повърхностен отток в реките;

Q_e – общо изпарение (евапотранспирация).

При условие, че $Q_p = 472$ l/s, $Q_{sw} = 190.7$ l/s и $Q_e = 256.4$ l/s, за стойността на подземния се получава стойността

$$Q_{gw} = 24.9 \text{ l/s.}$$

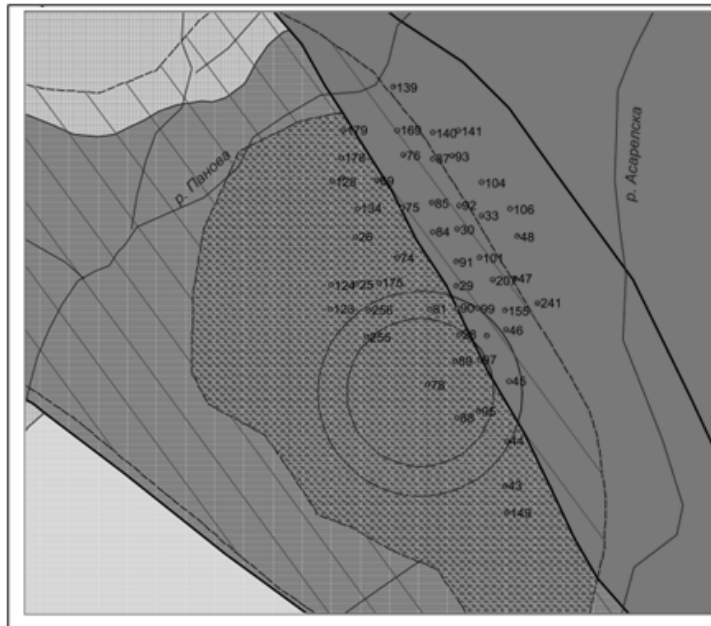
Получената стойност съответства на възприетата величина на инфилтрация за цялата водосборна област (25 l/s), което потвърждава достоверността на възприетата концепция за разглежданата хидрогеоложка система.

Данните за хидрогеоложките изследвания на находище "Асарел" могат да се разделят на два периода: по време на неговото проучване и след това - в процеса на експлоатацията му.

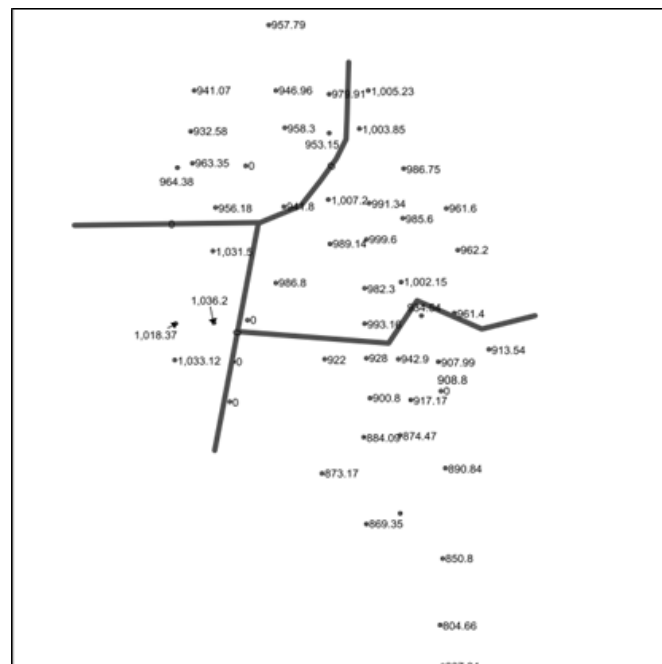
Хидрогеоложки проучвания преди експлоатацията на нах. Асарел

По време на проучването на находището са проведени комплексни опитни изследвания на 51 броя хидрогеоложки сондажа, разположението на които е показано на Фигура 4. В контурите на водно тяло с код: BG3G00000K2029 - Пукнатинни води – ГорноМалинско-Панагюрски район попадат 22 броя сондажа, а на територията на подземно водно тяло с код: BG3G00000Pt044 - Пукнатинни води - Западно- и Централнобалкански масив - 29 броя сондажа. Опитните изследвания включват по-интервални, едностепенни и многостепенни водочерпения, чрез желонка или ерлифт и резистивиметрични измервания за определяне на зоните на водоприток. [Божилова, 1964г.]

Дълбочината на сондажите варира от 350 до 850 m в зависимост от котата на терена, изменяща се от 837 до 1096 m над морското равнище. Част от водочерпенията са провеждани по-интервално, при достигане на определена дълбочина от сондажа, друга част са извършвани при окончателно завършване на сондажа, като са използвани прикриващи колони за изолиране на интервалите.



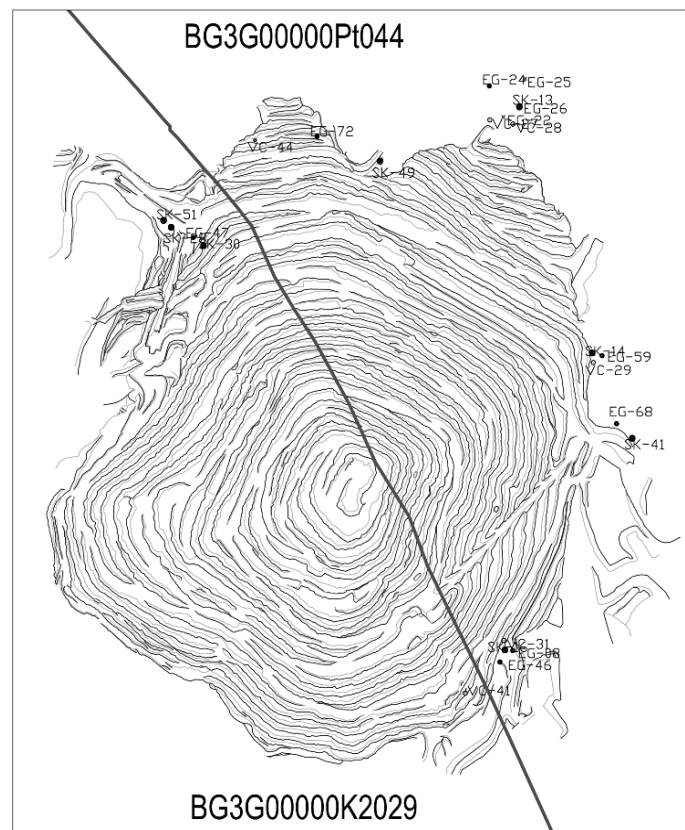
Фиг. 4. Разположение на хидрогеоложките проучвателни сондажи [Дичев, 1977]



Фиг. 5. Схема на блоковия строеж на пукнатинния водоносен хоризонт в района на находище Асарел (с означени водни нива на сондажите).

Хидрогеоложки проучвания в процеса на експлоатацията на нах. Асарел

В периода 2012 – 2023 година са прокарани 22 броя проучвателни и черпателни хидрогеоложки сондажи в периферията на котлована на рудник „Асарел“. От тях 9 бр. вертикални наблюдателни сондажи за измерване на подземните водни нива, с обща дължина 2000m; 8 бр. вертикални водопонизителни сондажни кладенци, с обща дължина 3335m; 5 броя проучвателни вертикални сондажи за измерване на порово налягане, с обща дължина 2511m. (фиг. 6)



Фиг. 6. Разположение на хидрогеоложките проучвателни сондажи по периферията на рудничния котлован

В контурите на водно тяло с код: BG3G00000K2029 - Пукнатинни води – ГорноМалинско-Панагюрски район попадат 5 бр. сондажи, а на територията на подземно водно тяло с код: BG3G00000Pt044 - Пукнатинни води – Западно - и Централнобалкански масив - 17 бр. сондажи.

Опитно-филтратционните изследвания включват следните дейности:

- по-интервални пакер тестове и експресни водоналивания;
- едностепенни и многостепенни водочерпения;
- ерлифт;
- геофизични измервания за определяне на зоните на водоприток.

Дълбочината на сондажите варира от 150 до 700 m. в зависимост от котата на терена, изменящ се от 901 до 1082 m над морското равнище.

Резултати и изводи

Получените данни, на база проведените геофизични изследвания в сондажните изработки, показват, че основният водоприток към техните стволоче най-често се осъществява по една или две зони с мощност до 1 m. Но има и сондажи с повече установени зони на водоприток до 6 броя, като тяхната мощност може да варира от няколко сантиметра до 10 ÷ 50 m.

Малките мощности на водопритоците към сондажите добре се обясняват с тектонската обстановка на находището, докато фиксираните големи интервали на водоприток, е по-вероятно да се дължат на приплъзване на сондажа в линиите на субвертикални разломни нарушения.

Въпреки тази непредставителност на данните за статичните и динамични водни нива на пукнатинния водонос, различията във водните нива в някои съседни сондажи са от порядъка на 30 - 50 m до над 110 m, което вероятно се дължи на блоковата структура на водоносната формация. Направен е



схематичен блоков модел (Фиг.5) на северната част на находището и вероятното разположение на разломните зони, които хидравлично изолират един от друг различните части от водоноса. В подкрепа на това предположение е отсъствието на водоприток в съседни сондажи, разположени в линия със субмеридионална ориентация и вероятно попадащи във водоупорно тектонско нарушение. При литолого–стратиграфско поделяне на сондажите, съответно разкриващи горнокредните вулканити и тези разкриващи палеозойските гранити, не се установяват големи разлики във водообилността на двете формации.

За сондажите в горнокредните вулканити относителният дебит е, $q_{отн.} = 0,022$ l/s/m, а за сондажите в палеозоя $q_{отн.} = 0,019$ l/s/m.

Резултатите от проведените опитно-филтрационни изследвания разкриват естествените хидродинамични условия на пукнатинния водоносен хоризонт в района на находище Асарел. Той се характеризира с фрагментарна разпокъсаност, обусловена от присъствието на тектонски зони с водоупорни свойства (тектонски глини), сравнително слаба водообилност и твърде контрастни филтрационни свойства на изграждащите го скали.

Използвана литература:

1. Попов, П., Стр. Страшимиров, К. Попов, М. Каназирски, К. Богданов, Р. Радичев, Ст. Димовски, Ст. Стойков. Геология и металогения на Панагюрския руден район. Изд. на МГУ „Св. Иван Рилски“, 2012, София, 227 с.
2. Петков, И., Попов, П., Бакарджиев, С., 1991. Ролята на напукаността и разломяването за локализацията на меднопорфирното орудяване в находище „Асарел“ – Год. МГУ, 37, 1, 135 – 147.

Фондови източници

3. Божилова, Хр. Доклад за резултатите от гидрохимичната картировка в М 1:25 000 на Същинска Средна гора, район Панагюрище-Стрелча-Копривщица, проведена през 1957, 1960 и 1962 г., Софийска проучвателна бригада, 1964 г;
4. Боснев, С. и др., 2015., „Извършване на хидроложко и хидрогеоложко проучване в поречието на р. Панова“, Сф, Договор ДИ-232/08.12.2014 г.
5. БТ-Инженеринг ЕООД, 2009 г; Отводняване и осушаване на рудник „Асарел“, осигуряване надеждността на дренажната галерия след пресичането ѝ от рудничния котлован и контрол на постъпващите води на входа на пречиствателната станция.
6. Годишни отчети за комплексния екологичен полигон на „Асарел-Медет АД“
7. Дичев, Й. и др., 1977. „Доклад за резултатите от геоложкото проучване на медното находище „Асарел“, Панагюрски руден район, извършено през периода 1968-1977 г.“, Том I (част I – текстова), Том XIV (част I – текст и приложения)
8. СТЕФ 92 Технолъджи, 2007, „ Доклад за хидрогеоложката изученост на рудник “Асарел”.”
9. Страка, Ю. и др., 10.1995 г. „Преценка на инженерно-геоложката информация на скалите на рудник „Асарел“ Точки от 1 до 8 от Работната програма“, Сф., Допълнително споразумение № 25/95 към Договор 02/1994 г.
10. Страка, Ю. и др., 07.1996 г. „Оценка на проектите, наличната хидрогеоложка информация и оценка на възможностите за осушаване и отводняване на рудник „Асарел“, Сф., Договор № 358/1996, т. 1,2 и 3 от задачата.
11. Страка, Ю. и др., 10.1996 г. „Допълнително хидрогеоложко картиране на района на рудник „Асарел“, Сф., Договор № 358/1996 , т. 1.3 и 1.5 от задачата.

Интернет източници

12. Басейнова дирекция „Източнобеломорски район“- План за управление на речните басейни в Източнобеломорски район (2010-2015г.) https://earbd.bg/indexdetails.php?menu_id=364

