УДК 543.5+553.7

О.Р. ДАЦЬКО, А.Б. БУБНЯК, І.П. ПОЛЮЖИН

ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД ТРУСКАВЕЦЬКОГО ТА СХІДНИЦЬКОГО РОДОВИЩ

Методом потенциометрии измерены окислительно-восстановительные потенциалы (ОВП) минеральных вод Трускавецкого и Сходницкого месторождений. Показано влияние пробоотбора и времени хранения в условиях диффузионного контакта с воздухом на изменеие ОВП. Выданы рекомендации для разработки мероприятий по сохранению ОВП минеральных вод на пути от источкика до потребителя.

Ключевые слова: *окислительно-восстновительный потенциал, потенциметрия, минеральные воды.*

***

ВСТУП

Окисно-відновний потенціал (ОВП) мінеральних вод відображає умови їх формування. На величину окисно-відновного потенціалу впливає співідношення між окисненими та відновленими формами сполук, які розчинені у воді.

В роботі [1] представлено результати вимірювань трьох показників: ОВП, pH та визначення загального сірководню мінеральних вод «нафтусеподібних» джерел с.Тустановичі, с.м.т. Східниці, та м. Борислава в період 1963-1983 років, які були проведені безпосередньо на джерелах, або в курортних бюветах через 1-2 хвилини після відбору проб (так званий «нативний стан») і тричі повторені з інтервалом 30-40 хвилин без запобігання впливу на досліджувані зразки кисню повітря. Абсолютна похибка вимірювання потенціалу ±10 мВ. Визначення загального сірководню проводилося йодометрично.

На статтю [1] опубліковано також відгук [2], де висловлено думку про недостовірність висновків, які зроблені Щепаком В.М. Зазначимо, що у відгуку [2] не згадано суттєвих помилок в огляді літератури, що допущені у роботі [1] при розгляді попередніх досліджень за проблемою, зокрема:

1) ДСТУ 878-93 “Води мінеральні питні” не регламентує показника ОВП.

2) Тези за номером № [5] (Гринберг Й.В., Трач Л.В., Харчук Н.А. “О природе органического вещества минеральной воды «Нафтуся» курорта Трускавец», 1978 [3]) не містять жодних відомостей про ОВП, а стосуються виключно виділення органічної складової цієї мінеральної води.

3) В списку взагалі відсутні посилання на роботи Одеського науково-дослідного інституту курортології (Билык Н.А., Максимович К.А., Гаске О.Д.), хоча серед тез доповідей науково-практичної конференції «Бальнеологические факторы и вопросы санаторно-курортного лечения на курорте Трускавец» (грудень, 1978) є тези [4], де вказується, що основним процесом формування іонного складу є вилуговування (вимивання) водовмісних порід інфільтраційними атмосферними водами в зоні активного водообміну в умовах відновної обстановки (***Eh*** від +90 до +230 мВ).

Однак, незважаючи на вказані недоліки роботи [1], дані вимірювань ОВП, які приведені там можна вважати цінним експериментальним матеріалом, який в подальшому можна розглядати з метою узагальнень.

В роботі [5] показано зв'язок між величинами ОВП та pH в процесі сульфат редукції. Залежність ОВП води «Нафтуся» від інтенсивності відкачки свердловин та в процесі зберігання вивчалася в роботі [6]. Показано, що з інтенсивністю відкачок ОВП лікувальних вод зростає синхронно із збільшенням вмісту кисню у водах. Вказується на роль мікроорганізмів при формуванні величини ОВП. В той же час відсутня методика експерименту, що затруднює однозначне тлумачення приведених даних. Крім того, автори вважали, що температура в даних умовах майже не впливає на величину ОВП.

Метою даної роботи було дослідження величин окисновідновних потенціалів мінеральних вод, їх зміни в процесі зберігання без доступу повітря та в умовах дифузійного контакту проб мінеральних вод з повітрям. Об’єктами дослідження були зразки лікувальної води Нафтуся з п’яти експлуатаційних свердловин Трускавецького родовища мінеральних вод (21-Н, 1-НО, 8-НО, 17-НО,

22-Д) та шість зразків мінеральних вод Східницького родовища, що використовуються в бальнеологічній практиці (дж. №3, №10 (бювет), №18, №2С, №25, №26). Вказані джерела Східницького родовища, представляють інтерес з двох причин: по-перше всі вони розвантажуються самовиливом, по-друге це гідрокарбонатні води з різним типом катіонної мінералізації: кальцієві води типу Нафтуся - джерело №3, №10 (бювет) та №25 (мінералізація в межах 0,7-0,8 г/л), та натрієві води - содова 2С (мінералізація 7 г/л), №18 (мінералізація близько 1 г/л) та №26 (мінералізація 0,6 г/л).

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Вимірювання ОВП, температури та pH проводили безпосередньо біля джерел. Спочатку мінеральні води набирали в хімічний стакан місткістю 100 мл. Потім методику відбору було вдосконалено і мінеральні води відбирали в надктаптажних спорудах Трускавецького родовища в півлітрову пластикову пляшку, шляхом опускання трубки, що була сполучена з краном, аж до дна, або просто направляючи цівку мінеральної води, що витікала з трубки в горловину пластикової пляшки на Східницькому родовищі. При цьому через пляшку старалися пропустити 2-3 об'єми води згідно рекомедацій методики відбору проб [11].

Відомо [13-15], що необхідно розрізняти окисно-відновні потенціали, які виміряні при різних умовах. Зокрема ***Eh***-потенціал – це ОВП при будь-яких величинах pH, а також співвідношеннях концентрацій окисненої та відновленої форм, який визначається експериментально відносно до нормального водневого електрода.

Оскільки в даній роботі хлор-срібний електрод використовували як електрод порівняння, тому термін ***Eh***-потенціал доцільно замінити на термін ОВП, величину якого вимірювали експериментально і який відрізняється від ***Eh***-потенціалу на величину біля 200 мВ, що показано при калібруванні приладу за стандартними хінгідронними розчинами. Для вимірювання ОВП використовували прилад pH-150М обладнаний комбінованим редоксметричним електродом марки ЭРП-105 загального призначення з вмонтованим хлорсрібним електродом (Х.С.Е.) порівняння та чутливим платиновим елементом. Технічні характеристики электрода ЭРП-105 приведені в таблиці 1:

Таблиця 1. Технічні характеристики электрода ЭРП-105

№	Характеристика	Величина
1	Робоча температура, °С	0..100
2	Робочий тиск, МПа	не більше 0,1
3	Електричний опір, Ом	не більше 1
4	Потенціал вмонтованого електрода порівняння відносно н.в.е*, мВ	212
5	Електричний опір вмонтованого електрода порівняння, кОм	2..20
*н.в.е. - нормальний (стандартний) водневий електрод		

Калібрування електрода ЭРП-105 з приладом pH-150М здійснювали за стандартними насиченими розчинами хінгідрону з певними значенням pH. Результати калібрування представлено в таблиці 2 та на рис.1. Вимірювання ОВП проводили враховуючи рекомендації стандартних методик [7-11].

Таблиця 2. Калібрування електрода ЭРП-105 з приладом pH-150М

pH	1,68	4,01	6,86
ОВП, розрахований відносно н.в.е., мВ	605	470	304
ОВП, виміряний відносно Х.С.Е., мВ	415	270	104
Різниця	190	200	200

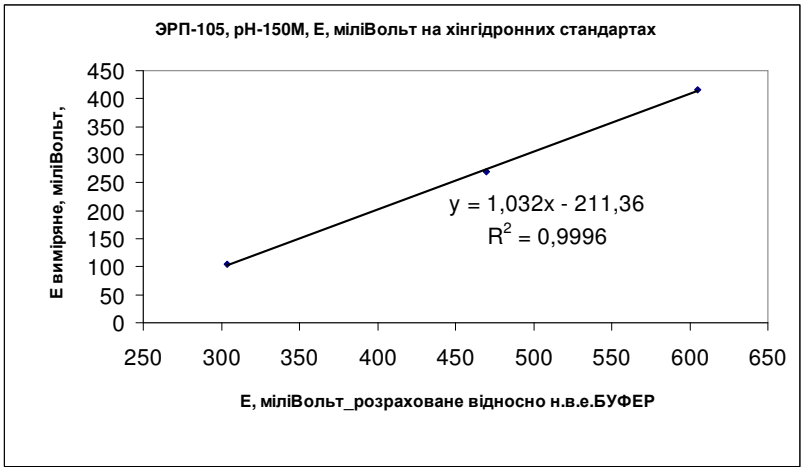

Рис. 1. Калібрування електрода ЭРП-105 з приладом pH-150M

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проби мінеральних вод відбирали 2 рази на місяць з лютого по жовтень 2011року. Середні, мінімальні та максимальні значення, отримані по свердловинах за цей період приведені в табл. 3.

Таблиця 3. Середні, мінімальні та максимальні значення показників мінеральних вод Трускавецького та Східницького родовищ за лютий-жовтень 2011р.

Показники		Трускавецьке родовище					Східницьке родовище					
		1-НО	17НО	22-Д	8-НО	21-Н	№26	№25	2С	№18	№10	№3
Сере-днє	ОВП, мВ	-137,5	-88,0	-140,2	-134,3	-124,1	-117,6	-88,9	-45,0	-195,7	50,6	-160,3
	pH	7,56	7,36	7,26	7,40	7,41	7,71	7,72	7,47	8,21	7,63	7,44
	tºC	11,64	11,50	11,49	10,47	10,13	6,74	6,32	6,97	7,52	7,43	6,66
макс	ОВП, мВ	-120	-60	-110	-105	-68	-75	-50	-42	-175	279	-110
	pH	7,9	7,5	7,4	7,6	7,6	7,8	7,8	7,7	8,8	8,7	7,8
	tºC	12	11,6	11,7	10,5	10,3	8,2	8,5	10,5	9,3	9,4	10
мін	ОВП, мВ	-155	-110	-161	-153	-152	-150	-125	-50	-231	-45	-195
	pH	7,4	7,2	7,2	7,3	7,3	7,5	7,6	7,1	7,18	7,1	7
	tºC	11,1	11,3	11,3	10,4	10	3,9	2,3	3,1	2,8	2,9	0,9

Як видно з приведених результатів окисно-відновний потенціал всіх мінеральних вод є від'ємним (відносно хлорсрібного електроду), за винятком джерела №10 (Східниця бювет). Детальніше ознайомившись з системою подачі води на цьому бюветі, виявилося що вода з джерела №10 через відкриту ємність поступає на бювет безперервно. З технічних причин неможливо набрати воду безпосередньо з джерела. Наявність ємності призводить до того, що вода, яка виходить з джерела затримується деякий час (час перебування в ємності), і постійно контактує з киснем повітря. Час цього контакту буде залежити від об'єму ємності, та її конструктивних особливостей, швидкості подачі в неї мінеральної води та температури навколишнього середовища. Відомо [15], що присутність кисню повітря збільшує ОВП мінеральних вод. Тому окисно-відновний потенціал води яка подається на бювет з джерела №10 є найбільшим з усіх досліджуваних джерел.

Окисно-відновний потенціал досліджуваних джерел не є постійним і змінюється в залежності від гідрогеологічних умов та умов експлуатації для одних джерел більше для інших менше. Як вказувалося авторами роботи [6] у випадку свердловин Трускавецького родовища ОВП мінеральних вод залежав від навантаження на свердловини: чим більший видобуток, тим вищий ОВП. Мінеральні води Східницького родовища розвантажуються самовиливом, їхній дебіт вперше чергу залежить від рівня грунтових вод. Для деяких джерел Східницького родовища №26, №25, №3 (дата відбору 12.04.11) спостерігалося збільшення ОВП після сильного дощу, який проходив напередодні 9-11 квітня. Чим більший видобуток з свердловин, рівнозначно як і випадання дощу сприяє збагаченню глибинних вод поверхневими водами, які містять кисень, що в приводить до збільшення ОВП.

Водневий показник мінеральних вод знаходиться в межах 7-8 од. pH за винятком води джерела №18, для якої ця величина іноді досягає 8,8 од.pH. Високе значення pH відзначалося авторами [5] при наявності сульфатредукуючих процесів в формуванні хімічного складу деяких вод.

Температура мінеральних вод Трускавецького родовища становить 10-11,3^{o}C і змінюється в дуже вузькому інтервалі - не більше ±0,5^{o}C для кожного джерела (Таблиця 3). Це пояснюється тим, що свердловини мають глибину 20-60 метрів, вода подається потужними насосами, маса води за 10-20 сек прогріває трубні комунікації. У випадку Східницьких джерел ситуація дещо інша. Малий дебіт мінеральних вод (джерела розвантажуються самовиливом) приводить до того, що вода внаслідок достатнього часу для теплообміну з поверхневими шарами грунту, зимою є холоднішою, а літом теплішою. Середні значення вимірювальних параметрів мінеральних вод, їх мінімальні і максимальні значення приведено в таблиці 3.

Щоб оцінити, як змінюється ОВП в часі без доступу повітря, мінеральні води Східницького родовища джерел №25, № 18 та №3 набирали в пластикові пляшки з під мінеральної води під самий верх і аналізували через деякий час. Воду в кількості 100 мл відливали в стаканчик, куди занурювали електроди і вимірювали ОВП, pH і температуру, а решту закривали корком для подальшого аналізу. Отримані результати вимірювань приведені в таблиці 4. Як видно з таблиці 4 за час 2-5 годин ОВП зменшився приблизно на 20 мВ, при цьому температура зразків зросла приблизно на 8-9ºC. Отже в щільно закритих пластикових пляшках, заповнених під верх на протязі двох-трьох годин ОВП змінюється незначно, що важливо при транспортуванні зразків в лабораторію і подальшому їх вивченні.

Таблиця 4. Зміна ОВП мінеральних вод в часі без доступу повітря дж. №25, № 18 та №3

Джерело	25	18	3
Показники на родовищі			
Температура, ^{o}C	2,3	2,9	0,9
ОВП, мВ	-112	-231	-149
pH	8,0	7,18	7,7
Час, від моменту взяття проби	3 год	4год 48хв	2 год
Температура, ^{o}C	10,6	10,3	10,3
ОВП, мВ	-140	-250	-169
pH	8,0	7,20	7,7

Вимірювання ОВП тих самих зразків через 25 год приведено в таблиці 5. Однак слід врахувати , що пляшки зі зразками вже не були заповнені під самий верх, оскільки 100 мл води ми використали для попереднього аналізу. За вказаний період для досліджуваних вод зросли температура на 5ºC для всіх зразків, ОВП, найбільше для дж.№25, найменше для дж.№ 18, а також pH у випадку дж. №18.

Таблиця 5. Зміна ОВП мінеральні води дж. №25, № 18 та №3 через 25 год

Джерело	№25	№18	№3
Час, від моменту взяття проби	25 год 30 хв	25 год	24 год 20 хв
Температура, ^{o}C	15,3	15,7	15,8
ОВП, мВ	+71	-184	-50
pH	8,1	8,7	7,7

Аналіз показників через 5 днів приведено в таблиці 6. Тепер в пластиковій пляшці було 200 мл повітря і 300 мл мінеральної води. ОВП у всіх трьох зразках додатній.

Таблиця 6. Зміна ОВП мінеральні води дж. №25, № 18 та №3 через 5 днів

Джерело	25	18	3
Час, від моменту взяття проби	120 год	120 год	120 год
Температура, ^{o}C	13,4	13,6	13,7
ОВП, мВ	+167	+134	+166
pH	8,2	8,7	7,8

Отримані результати для зміни ОВП рис.2 можна пояснити враховуючи теоретичні викладки (рівняння Нерста) та результати отримані іншими авторами [1,6].

При відсутності доступу повітря на протязі трьох-пяти годин ОВП зразків вод зменшився при незмінному pH за рахунок підвищення температури згідно рівняння Нерста.

Найменше зростання ОВП спостерігається у випадку води з дж. № 18, проте там найбільше збільшився показник pH. Збільшення pH веде до зменшення ОВП системи, що також узгоджується з рівняння Нерста з врахуванням впливу кислотно-основних рівноваг. При ще більшому доступі кисню через 25 годин ОВП мінеральних вод всіх джерел став додатнім, що підтверджує дані авторів [1,6], що кисень повітря збільшує ОВП мінеральних вод.

Для дослідження зміни ОВП мінеральних вод в часі при доступі повітря проби мінеральної води відбирали в пластикові пляшки доверху і термостатували шляхом занурення у воду температурою 17ºС і доставляли в лабораторію. Час від початку взяття проби до початку аналізу становив 2 год. Воду наливали в стакан місткістю 250 мл, занурювали термометр і електроди для вимірювання pH і ОВП. Температура досліджуваної води в процесі вимірювання була в межах 14-15ºС. Електроди не виймали, щоб не перемішувати воду. В таких умовах кисень поступав з повітря у воду тільки через поверхню розділу фаз, а далі розповсюджувався дифузійно у об'єм води. Зміна ОВП для джерел №3 та №18 Східницького родовища приведена на рис.2. Як бачимо при вільному дифузійному доступі кисню повітря ОВП зростає значно швидше, ніж при обмеженому доступі кисню повітря до проби в закритій пляшці (див. табл. 5). Для проб води з дж. №18 та дж. №3 спостерігається подібна тенденція зростання потенціалу, зокрема протягом першої години ОВП майже не змінюється, а потім починає зростати.

Свердловини Трускавецького родовища обладнані надкаптажними спорудами, а лінії подачі води мають крани для відбору проб. Проби з свердловин мінеральних вод Трускавецького родовища набирали в пластикові пляшки при включеному насосі, минаючи ємності для нагромадження води. Для зменшення контакту з киснем повітря до крану під'єднували гумову трубку, яка досягала дна пляшки. Пляшки заповнювали водою до самого верху. Проби води аналізували безпосередньо на свердловинах та в лабораторії таблиця 7 і 8.

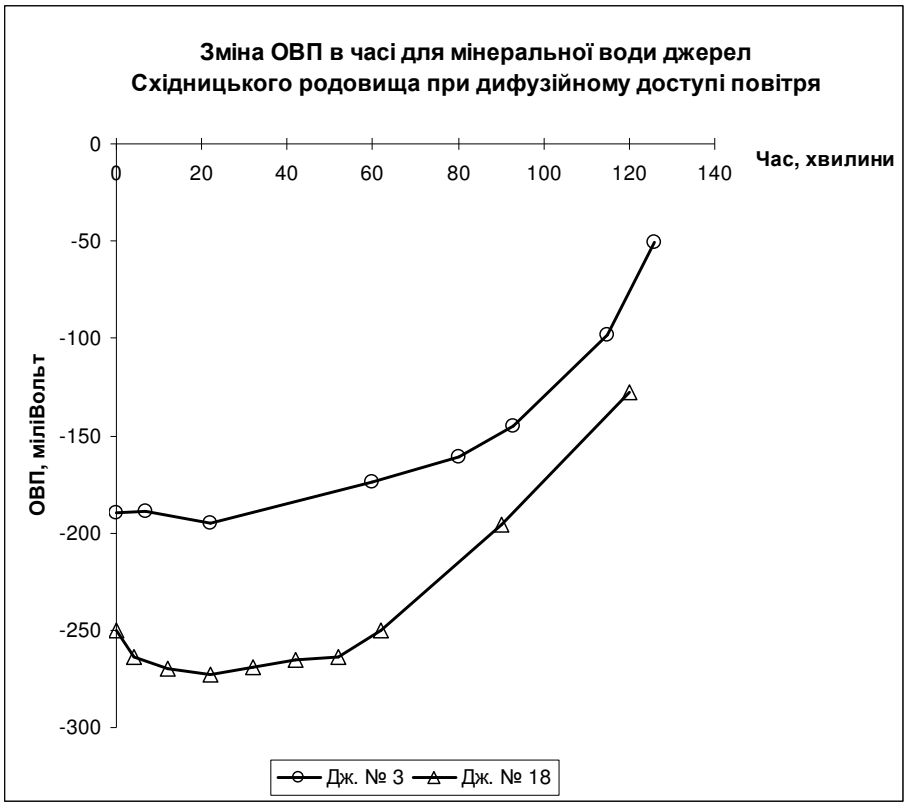

Рис.2. Зміна ОВП для джерел №3 та №18 Східницького родовища при вільному дифузійному доступі кисню повітря

Таблиця 7. ОВП зразків проб мінеральних вод Трускавецького родовища (дата відбору проби 15.02.11)

Джерело	21-Н	1-НО	8-НО	17-НО	22-Д
pH	7,6	7,9	7,3	7,5	7,3
ОВП, мВ	-75	-142	-118	-80	-142
t°,C	14,7	15,1	15,1	15,3	15,3

Таблиця 8. ОВП зразків проб мінеральних вод Трускавецького родовища (дата відбору проби 13.03.11)

Джерело	21-Н	1-НО	8-НО	17-НО	22-Д
pH	7,6	7,5	7,4	7,6	7,4
ОВП, мВ	-80	-151	-116	-71	-138
t°,C	14,7	14,7	14,5	14,8	15,2

Всі зразки лікувальної води Нафтуся Трускавецького родовища мають від'ємний ОВП. Показники аналізів проведені в лабораторії і на свердловині корелюють між собою. ОВП зразків отримані в лабораторії для тих самих свердловин є дещо нижчими ніж ОВП зразків відібраних безпосередньо біля свердловин, за винятком зразків води з свердловини 17-НО і 22-Д , що і як у випадку мінеральних вод Східницького родовища, пояснюється збільшенням температури зразків приблизно на 4ºС. Проби води відібрані на бюветах перед нагрівачами мають ОВП на 20-50 мВ більше, ніж ОВП цієї води на свердловині. Якщо врахувати, що температура води перед нагрівачами на 2-3ºС вища, ніж на свердловині, то можна вважати, що має місце зростання ОВП, ймовірно, через доступ кисню в технологічному процесі транспортування мінеральної води до споживача.

Для вивчення як змінюється ОВП мінеральних вод зі зміною концентрації кисню були вибрані вищевказані пять свердловин Трускавецького родовища. Як вказувалося вище, свердловини цього родовища обладнані кранами відбору, мають потужні насоси, що дозволяють зробити прокачку лінії і обладнані для відбору зразків проб для аналізу кисню за Віеклером. Проби води з свердловини відбирали в ПЕТ-пляшки місткістю 1,5 та 0,5 дм^3 згідно методики [11,12] і доставляли в лабораторію. В момент відбору на свердловинах вимірювали ОВП і температуру води. На свердловині 21-Н нами також робилися заміри води з нагромаджувальної ємності. ОВП води з цієї ємності на 20мВ більше, ніж з свердловини, мабуть за рахунок доступу кисню повітря.

Відкривання проб води здійснювали у такій послідовності. Малу пляшку (0,5 дм^3) поміщали у високий стакан місткістю 2 дм^3. Далі з великої пляшки (0,5 дм^3) обережно виливали воду в стакан так, щоб ця вода покрила на 2-3см корок малої пляшки. Отже відкривання малої пляшки проводили під шаром води з тієї самої свердловини, щоб максимально зменшити доступ кисню. Далі знову вимірювали ОВП і відразу цю ж пробу аналізували за методом Вінклера [12]. Час між відбором проби та аналізом за Вінклером складав 1-2 години.

Співвідношення між ОВП та концентрацією кисню за Вінклером приведено в таблиці № 9 та рис.3. Для зразків з свердловини 1-НО і 22-Д кисню не знайдено, тобто його концентрація нижче межі чутливості аналізу. Згідно літературних даних [12,13] нижня межа визначення кисню за Вінклером складає 0,05мг/л. Відносна похибка методу Вінклера залежить від концентрації кисню і складає 30% для нижньої межі визначення 0,05 мг/дм^3, 10-20 % для 0,2-0,3 мг/дм^3, 3-5 % для 0,8-1,7 мг/дм^3 [12]. На рис.3 представлено співвідношення між ОВП та концентрацією кисню за Вінклером у графічній формі, за якою можна визначити значення ОВП для нижньої межі визначення кисню за Вінклером (0,05 мг/дм^3). Підставивши в отриману кореляційну залежність Y=0,05 отримаємо значення рівне 101 мВ. Однак нами були встановлені значення ОВП досліджуваних зразків значно нижчі (-120, -150 і навіть– 230мВ) таблиця 3. Спостерігається добра кореляція між результатами визначеннями вмісту кисню за Вінклером, навіть для гранично малих значень у мінеральних водах, та їх величинами ОВП. З проведених досліджень випливає, що потенціометричним методом вимірювання можна більш чутливіше спостерігати зміну ОВП системи, ніж вимірюючи кисень за Вінклером. Важливо, що такий моніторинг можна проводити безперервно в автоматичному режимі.

Таблиця 9. Співвідношення між ОВП та концентрацією кисню за Вінклером (Трускавецьке родовище)

Джерело	1-НО	17-НО	22-Д	8-НО	21-Н з баку	21-Н з свердл.
ОВП, мВ	-150	-110	-145	-103	-70	-90
Температура, оС	11,2	10,3	10,9	11,1	10,9	10,5
Проби перенесені з родовища в лабораторію						
ОВП, мВ	-120	-103	-130	-90		-80
Температура, оС	12	12,3	11,6	12,1		12,7
Кисень за Вінклером, мг/дм3 (середнє значення з трьох визначень)	0	0,04	0	0,08		0,1

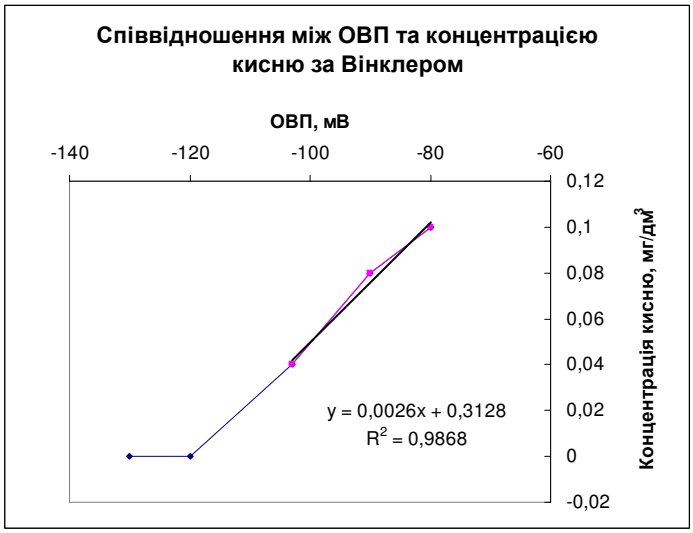

Рис. 3. Співвідношення між ОВП та концентрацією кисню за Вінклером (Трускавецьке родовище)

Проведені нами дослідження показують, що мінеральні води, чи то добуті з свердловин, чи з джерел мають від'ємний ОВП, тобто формуються в анаеробних умовах, що узгоджується з авторами [1,5]. В анаеробних умовах формується їх хімічний склад (органічний та неорганічний). Всі ці чинники разом з продуктами життєдіяльності мікрофлори створюють від'ємний ОВП.

При видобуванні мінеральної води на поверхню вона контактує з киснем повітря і її потенціал збільшується переходячи з від'ємного в додатній. При чому це відбувається як з водами типу Нафтуся, так і іншими, які не відносяться до них, наприклад дж.2С, дж.№18, дж.№25 Східницького родовища. Лікувальна дія мінеральних вод типу Нафтуся звязана з комплексом органічних речовин, що входять до її складу. Можливо ці органічні речовини проявляють свою фізіологічну дію при від'ємних значеннях ОВП, однак важко погодитися з твердженням, на якому наголошується у роботі [1] про лікувальну дію «особливим фізико-хімічним станом самої водної основи «Нафтусі» як розчинника». На нашу думку ОВП є відображенням того мікробіологічного і гідрогеологічного середовища в якому формуються мінеральні води, а хімічний склад - його продуктом. Тому для збереження властивостей цього лікувального продукту необхідне деяке ОВП, яке, як можна сказати, є показником нативності цієї мінеральної води. Найбільше змінює ОВП мінеральних вод кисень повітря. Тому недопускання повітря в технологічний процес розливу мінеральних вод є запорукою збереження їх нативності.

На основі отриманих результатів можна здійснити рекомендації для збереження величини ОВП мінеральних вод на шляху від свердловини до споживача:

1.В технологічному процесі розливу мінеральних вод проводити безперервний моніторинг ОВП від свердловини до споживача методом потенціометрії.

2.Запобігати проникненню кисню повітря в мережеві комунікації подачі мінеральних вод шляхом подачі інертного газу (азоту) на свердловини, ємності накопичення мінеральних вод, та встановлення дихальних клапанів, як це роблять в хімічній промисловості.

ВИСНОВКИ

Таким чином ОВП для всіх досліджуваних зразків мінеральних вод Трускавецького та Східницького родовищ, за винятком джерела №10 (бювет Східниця) є від'ємним, що свідчить про анаеробні умови формування мінеральних вод.

При контакті з киснем, ОВП мінеральних вод збільшується і через деякий час стає додатнім. При правильному заповнені пластикових пляшок до самого верху і щільному закупоренні ОВП мінеральнгих вод не змінюється протягом 2 годин.

ОВП мінеральних вод є показником формування (нативності) мінеральних вод, тому збереження його при розливі забезпечує умови в яких не відбуваються зміни з мінеральними водами.

Результати потенціометричного вимірювання ОВП добре корелюють з концентрацією кисню в мінеральних водах, яка визначена за методом Вінклера, навіть при гранично низькому вмісті кисню.

ЛІТЕРАТУРА

1.Щепак В.М. Физико-химический мониторинг нативного состояния «Нафтуси» №1 курорта Трускавец и ее аналогов в связи с проблемой их лечебного начала.- Геологический журнал.-№3.- 2004. – С.90-95.

2. Шестопалов В.М., Моисеева Н.П. Еще раз о лечебном начале минеральных вод типа «Нафтуся».- Геологический журнал.-№3.- 2004. – С.96-97.

3. Гринберг Й.В., Трач Л.В., Харчук Н.А. О природе органического вещества минеральной воды «Нафтуся» курорта Трускавец. - Тезисы докладов научно-практической конференции «Бальнеологические факторы и вопросы санаторно-курортного лечения на курорте Трускавец» (декабрь, 1978) - 207 с. – С.18-22.

4.Койнов И.М., Колесникова А.А., Максимович К.А. Минеральные воды типа «Нафтуся» Сходницкого месторождения и условия их формирования. - Тезисы докладов научно-практической конференции «Бальнеологические факторы и вопросы санаторно-курортного лечения на курорте Трускавец» (декабрь, 1978) - 207 с. – С.24-26.

5.Плотникова Г.Н., Сафронова К.П. Пределы колебаний Eh и pH в сульфидных водах СССР. – Вопросы изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата. Труды Научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии. – Том 31. – 1976. – 196 с. – С.81-88.

6. Яременко М.С., Билас В.Р., Ясевич А.П., Лахин П.В. Влияние антропогенных факторов на состав и свойства воды Нафтуся. В сборнике Физиологические основы лечебного действия воды Нафтуся / Яременко М.С., Ивасивка С.В., Попович И.Л.,и др. АН УССР. Ин-т физиологии им.А.А.Богомольца. отв.ред. Яременко М.С. - Киев: «Наукова Думка», 1989. – 144 с.

7. Reduction-Oxidation Potential-Electrode Method USGS NFM A6.5 (*By* D.K. Nordstrom and F.D. Wilde) - USGS National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data (USGS NFM). U.S. Geological Survey (USGS). the *National Field Manual* (NFM) http://water.usgs.gov/owq/FieldManual/

8. ГОСТ Р 8.702-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Электроды для определения окислительно-восстановительного потенциала. Методика поверки (State system for ensuring the uniformity of measuremenets. Measuring electrodes for oxidation-reduction potential determination (ORP). Verification procedure). Актуализация текста и описания: 27.10.2010. Введен в действие: 01.07.2011.

9. ГОСТ 8.450-81 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкала окислительных потенциалов водных растворов. State system for ensuring the uniformity of measurements. Oxidation potentials scale for aqueous solutions. Актуализация текста и описания: 01.01.2009. Введен в действие: 01.01.1983.

10. ASTM D 1495-07 «Стандартный метод определения окислительно-восстановительного потенциала воды» (ASTM D 1495-07 «Standard test method for oxidation-reduction potential of water»)

11. ДСТУ ISO 11271:2004 Качество почвы. Определение окислительно-восстановительного потенциала. Полевой метод (ISO 11271:2002, IDT)

12. Методы химического и бактериологического анализа воды. / Драчев С.М., Разумов А.С., Бруевич С.В., Скопинцев Б.А., Голубаева М.Т. Москва: «МЕДГИЗ», 1953. – 280 с.13. ИСО 5813-83. Определение растворенного кислорода. Иодометрический метод.

14. Захарьевский М.С. Оксредметрия. Под ред. Никольского Б.П., Пальчевского В.В. – Ленинград «Химия», 1967. – 120 с.

15. Никольский Б.П., Пальчевский В.В., Пендин А.А., Якубов Х.М. Оксредметрия., Л. Химия. 1975. 301с.

16. Пальчевский В.В., Якубов Х.М. Оксредметрия и ее применение к изучению взаимодействий в растворах - Успехи химии, 1980, Том 49, Номер 10, С.1859-1879.

15. Шульц М.М., Писаревский, Полозова И.П. Окислительный потенциал. Теория и практика. Ленинград: «Химия», 1984.-160 с.

O.R. DATSKO, A.B. BUBHYAK, I.P. POLYUZHYN

OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL OF MINERAL WATERS FROM TRUSKAVETS AND SKHIDNYTSYA DEPOSITS

Oxidation - reduction potentials (ORPs) of mineral waters from Truskavets and Skhidnytsya deposits were measured by means of potenciometry. It was been shown as sampling procedure and saving time in diffusion air contact conditions are influencing on ORP-value changing. Recommendations were given for developing of actions directed on ORP saving from mineral waters origins to consumers.

Key words: *oxidation-reduction potential (ORP), potenciometry, mineral waters.*

Лабораторія експериментальної бальнеології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, м. Трускавець

ЗАТ "Трускавецькурорт", м. Трускавець

Інститут хімії та хімічних технологій Національного університету "Львівська політехніка", м. Львів

Дата поступлення: 20.10.2011 р.