

ГЕОЛОГІЯ

УДК 553.041+550.84+550.422

***О. В. Гаврилюк**, ст. преподаватель,

****В. Г. Суярко**, д. г.-м. н, профессор,

*Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова,

**Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА БРОМ

Рассмотрена геохимия брома в подземных водах каменноугольных и пермских отложений юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины. Подчеркнуто, что в палеозойских отложениях на глубине свыше 800-1000 м формируются хлоридно-натриевые воды и рассолы с минерализацией от 5-10 до 250 г/дм³. Отмечено, что на антиклинальных структурах часто наблюдается обратная гидрогеохимическая зональность (инверсия). Установлено, что содержание брома в подземных водах контролируется величиной минерализации и общим химическим составом (геохимическим типом) вод. Показано, что обогащенность подземных вод элементом возрастает по мере увеличения глубины залегания водоносных горизонтов. Подземные воды, обогащенные различными микроэлементами, и в первую очередь бромом, чаще всего разгружаются в сводовых частях антиклинальных структур, которые контролируются разрывными нарушениями. Подчеркнуто, что основными факторами накопления брома в подземных водах являются процессы теплопереноса и обменные реакции в гидрогохимической системе «порода – вода». Определено, что содержание элемента в подземных водах на отдельных структурах достигают промышленных концентраций, необходимых для экономически эффективного извлечения элемента из водных растворов. В связи с этим обоснована возможность использования пластовых вод нефтегазовых месторождений юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины в качестве гидроминерального сырья на бром.

Ключевые слова: бром, гидрогеохимия, Днепровско-Донецкая впадина, гидроминеральное сырье, нефтегазовые месторождения, рассолы, углеводороды, теплоперенос, пластовые воды.

О. В. Гаврилюк, В. Г. Суярко. ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТОВИХ ВОД НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ В ЯКОСТІ ГІДРОМІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ НА БРОМ. Розглянуто геохімію брома в підземних водах кам'яновугільних і пермських відкладах південно-східній частини Дніпровсько-Донецької западини. Підкреслено, що в палеозойських відкладах на глибині понад 800-1000 м формуються хлоридно-натрієві води та розсоли з мінералізацією від 5-10 до 250 г / дм³. Відзначено, що на антиклинальних структурах часто спостерігається зворотня гідрогеохімічна зональність (інверсія). Встановлено, що вміст брома в підземних водах контролюється величиною мінералізації і загальним хімічним складом (геохімічним типом) вод. Показано, що збагаченість підземних вод елементом зростає зі збільшенням глибини залягання водоносних горизонтів. Підземні води, збагачені різними мікроелементами, і в першу чергу бромом, найчастіше розвантажуються в склепінних частинах антиклинальних структур, які контролюються розривними порушеннями. Підкреслено, що основними факторами накопичення броду в підземних водах є процеси теплоперенесення та обмінні реакції в гідрогеохімічній системі «порода – вода». Визначено, що вміст елемента в підземних водах на окремих структурах досягає промислових концентрацій, необхідних для його економічно ефективного вилучення з водних розчинів. У зв'язку з цим обґрунтована можливість використання пластових вод нафтогазових родовищ південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини в якості гідромінеральної сировини на бром.

Ключові слова: бром, гідрогеохімія, Дніпровсько-Донецька западина, гідромінеральна сировина, нафтогазові родовища, розсоли, вуглеводні, теплоперенос, пластові води.

Постановка проблемы. Бром является одним из компонентов, который в промышленных содержаниях извлекается из подземных вод. Он используется для изготовления антипиренов, буровых растворов, бромированных пестицидов, водообработки химических веществ и в других целях [12].

По данным геологической службы США (USGS) объем мировой добычи брома из гидроминерального сырья составляет более 700 тыс. тонн. Лидерами в добыче микроэлемента являются США (около 35%), Израиль (27%), Китай (18%), Иордания (14%), Япония (3%) и другие страны (табл. 1).

Добыча брома в Украине началась в 1932 г., а доля отечественной продукции на мировом рынке до недавнего времени составляла 2,5%

[15]. На сегодняшний день баланс производства и потребления брома в Украине построен с учетом необходимости его закупки за рубежом.

В большинстве стран, где добывается бром, основным его источником являются морские и подземные воды, а также рассолы (пластовые воды) нефтегазовых месторождений [2, 10, 13].

Юго-восточная часть Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) – один из наиболее развитых районов Украины, в пределах которого расположен целый ряд месторождений углеводородов, подземные (пластовые) воды и рассолы которых характеризуются высокими содержаниями различных микроэлементов, в том числе и брома. В связи с этим, изучение геохимии элемента в подземных водах с целью определения возможности его промышленного извлечения – является акту-

Мировое производство брома по странам–производителям

Страна	Используемые ресурсы	Производственные мощности,	Источник сведений
США	Подземная рапа	280 тыс. т/год	[14, 21]
Израиль	Рассолы поверхностной рапы (воды Мертвого моря)	270 тыс. т/год	[14, 21]
Китай	Рассолы морской воды	150 тыс. т/год	[14]
Иордания	Рассолы поверхностной рапы (воды Мертвого моря)	100 тыс. т/год	[14]

альной проблемой.

История изучения проблемы. Большой вклад в разработку учения о промышленных водах как источника гидроминерального сырья, в том числе и в ДДВ, внесли такие исследователи как А. Е. Бабинец (1961), Е. В. Посохов (1969), М. П. Елисеева (1967), В. Г. Трачук (1970), А. В. Кудельский (1970), Ю. С. Застежко (1972), Л. П. Швай (1973), Е. В. Пиннекер (1977), С. Р. Крайнов (1992), В. Г. Суярко (1997-2005) и другие исследователи.

Целью статьи является рассмотрение геохимии брома в подземных водах палеозойских отложений юго-восточной части ДДВ. Авторами собран и систематизирован большой фактический (фондовый) материал, что позволило сформировать базу данных химического состава подземных вод района исследования. Изучен химический состав и минерализация подземных вод палеозойских отложений. Исследованы концентрации брома в пластовых водах нефтегазовых месторождений региона.

Изложение основного материала. Регион исследований охватывает северный борт ДДВ в зоне сочленения ее с Донецким складчатым сооружением. Он характеризуется не только специфическим геологическим строением, но и определенными условиями тектонического развития, геохимическими и гидрогеологическими особенностями [5, 6]. Территория характеризуется наличием ряда линейно вытянутых антиклинальных и купольных структур, разделенных синклиналиями прогибами (рис. 1) [4, 16, 22].

Осадочная толща мезо-кайнозойских отложений в прогибах достигает порядка 600-800 м. Важная роль в формировании локальных структур принадлежит солянокупольной тектонике [16, 22]. К наиболее крупным солянокупольным структурам территории исследований относятся Шебелинская, Спиваковская, Балаклейская, Петровская, Алексеевская, Волвенковская и др. В геологическом строении региона принимают участия породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя, которые представлены чередующимися морскими

и континентальными образованиями, мощностью 2-5 км и более [4, 6, 16]. Антиклинальные складки разбиты тектоническими нарушениями. Характерной особенностью региона является преобладание северо-западного простирания как складчатых так и разрывных (разломных) структур [22].

Регион приурочен к Днепровско-Донецкому артезианскому бассейну. Региональная водоупорная толща представлена галогенными породами краматорской и славянской свит, отделяет мезо-кайнозойские водоносные горизонты и комплексы от палеозойских [9, 16]. Мощность верхнекаменноугольных-нижнепермских отложений в районе исследования колеблется от 1000 до 2500 м. В нижней части гидрогеологического разреза (глубина > 800-1000 м) подземные воды характеризуются элизионным режимом водообмена, при котором их формирование происходит в условиях, практически полностью исключаящее внешнее воздействие [1, 7, 16].

Химический состав подземных вод изучался по данным, полученным как на стадии разведочного бурения, так и во время эксплуатации нефтегазовых месторождений. Подземные воды нижнепермского-верхнекаменноугольного водоносного комплекса представлены преимущественно рассолами хлоридно-натриевого состава [1, 7, 16]. Среднее значение степени минерализации составляет около 200 г/дм³ (табл. 2).

Подземные воды большинства антиклиналей и куполов часто обогащены рядом микроэлементов (йод, бром, фтор, бор, ртуть и др.), а также содержат свободный и растворенный газы (метан, сероводород, двуокись углерода, гелий и др.) [18, 21].

В различных складчатых структурах региона гидрогеохимическая зональность формируется в зависимости от многих факторов. В синклиналиях структурах наблюдается нормальная гидрогеохимическая зональность, которая определяется распространением сверху вниз гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных, сульфатно-хлоридных и хлоридных вод, а также увели-

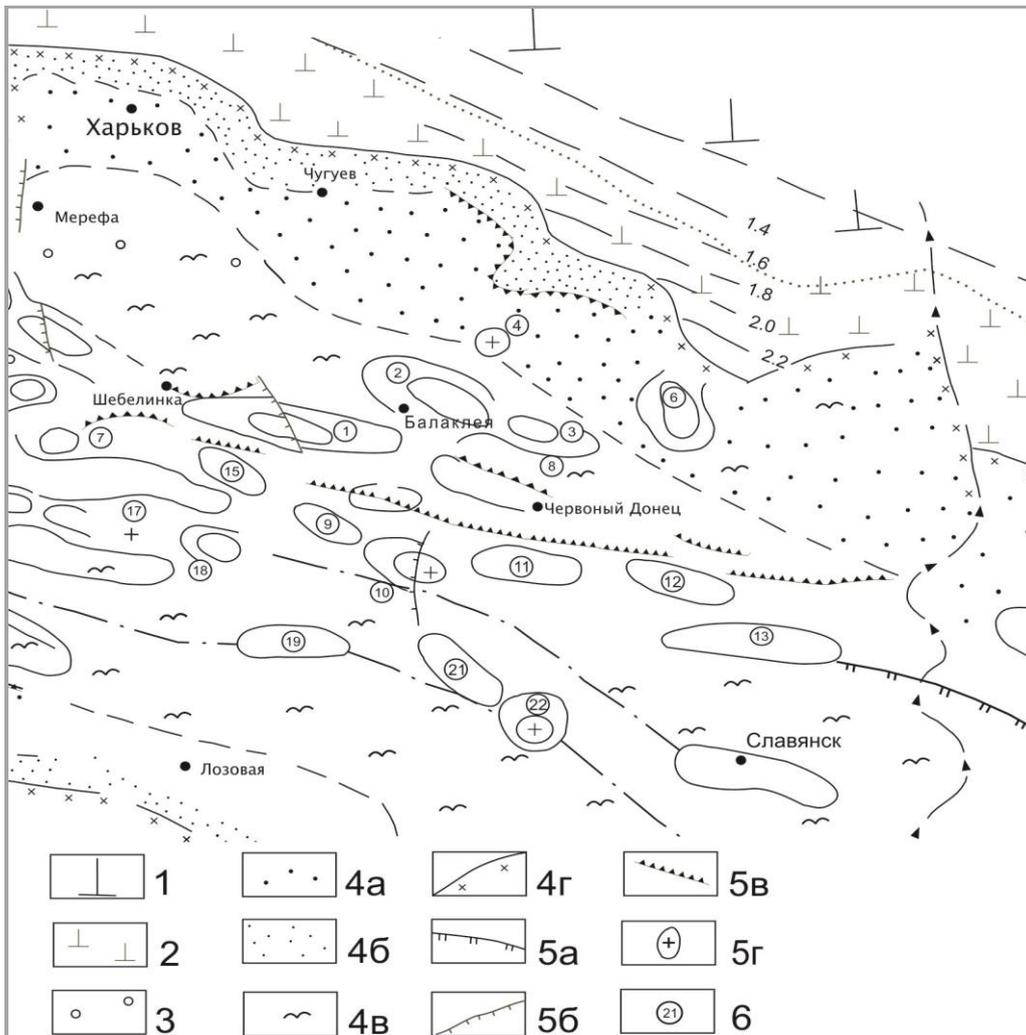


Рис. 1. Тектоническая схема юго-восточной части ДДВ

(по материалам треста «Харьковнефтегазразведка» с дополнениями авторов):

- 1 – склон Украинского кристаллического массива; 2 – краевая мобильная часть северного борта;
 3 – центральная часть грабена; 4 – зоны: а) краевых дислокаций, б) антиклинальных складок и куполов, в) сочленения, г) краевых разломов; 5 – тектонические нарушения: а) надвижки, б) сбросы, в) флексуры, г) соляные штоки; 6 – антиклинальные структуры: 1 – Шебелинская, 2 – Балаклейская, 3 – Савинская, 4 – Бригадировская, 5 – Краснооскольская, 6 – Северо-Голубовская, 7 – Ефремовская, 8 – Червоно-Донецкая, 9 – Волвенковская, 10 – Петровская, 11 – Спиваковская, 12 – Курульская, 13 – Торско-Шандриголовская, 14 – Камышевахская, 15 – Алексеевская, 16 – Ново-Мечебиловская, 17 – Мионовская, 18 – Беляевская

чением минерализации с глубиной [16, 17, 21]. В антиклинальных структурах она часто резко нарушается. В каждой структуре гидрогеохимическая зональность формируется независимо и обусловлена гидродинамическими особенностями. В синклинальных структурах в зоне развития инфильтрационных систем движение подземных вод происходит от области питания к области разгрузки под действием гидростатического давления. С увеличением глубины на динамику подземных вод, кроме гидростатического давления, большое влияние оказывает геостатическое давление, которое возрастает в зоне развития элизонных систем. Следует отметить, что под действием новейших и современных тектонических

движений (2-10 мм/год) происходит перемещение отдельных блоков земной коры и рост антиклинальных структур, которые протягиваются вдоль глубинных разломов. Такое движение приводит к резкому увеличению геодинамических нагрузок на водовмещающие породы и возможному отжатию из них подземных вод. Движение этих вод направлено вверх по зонам разломов, где на них оказывают дополнительное давление эндогенные флюиды и тепловой поток. Эти воды, обогащенные микроэлементами и газами, выходят к поверхности земли в пределах растущих антиклинальных структур, на которых происходит снятие геостатического давления [16, 18, 19]. Именно такая схема формирования гидрогеохи-

Химический состав подземных вод палеозойских отложений некоторых купольных структур в различных интервалах глубин

№ сква- жины	Интервал опробова- ния, м, возраст	Микрокомпоненты, %-экв.						Степень минерали- зации, г/дм ³
		Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	Na+K	
Балаклейская структура								
3-р	2621-2629 C ₃	99,84	0,12	0,04	25,74	6,16	66,9	164,2
4-р	2758-2766 C ₃	99,22	0,68	0,1	23,12	4,98	71,9	118,5
Шебелинская структура								
74	2852-2816 P ₁	99,76	0,22	0,02	19,74	5,92	74,34	287,1
57	2467-2563 C ₃	99,48	0,38	0,06	9,7	8,08	82,22	270,6
38	1963-1920 P ₁	98,64	0,14	0,02	2,74	2,88	94,38	289,9
42	2437-2428 P ₁	99,42	0,56	0,02	15,2	9,88	74,92	256,755
Червоно-Донецкая структура								
1-р	2052-2090 P ₁	96,92	2	1,08	10,32	4,06	85,62	174,959
3-р	2240-2196 P ₁	99,1	0,86	0,04	14,48	5	80,5	217,399
Спиваковская структура								
1-р	1623-1612 C	99,56	0,4	0,04	8,62	4,88	86,5	235,786
2-р	1753-2000 C	99,6	0,36	0,06	11,5	5,02	41,48	204,336
Алексеевская структура								
5	2706-2590 P ₁	99,4	0,12	0,46	6,14	3,48	92,38	157,68
Шевченковская структура								
8	2946-2964 C ₃	49,957	0,035	0,0077	20,5	0,648	28,852	219,818

мической зональности характерна для структур региона (Спиваковская, Шебелинская, Алексеевская, Балаклейская и другие структуры). Отличие для каждой структуры выражается в различной глубине залегания отдельных химических типов вод и мощностью гидрогеохимических зон [16].

Пластовые воды, обогащенные бромом, являются составной частью системы «нефть – газ – вода», что, по-видимому, объясняется совместной их восходящей миграцией по одним и тем же гидродинамическим ослабленным зонам разрывных нарушений [11, 16, 19]. Наиболее контрастные гидрогеохимические аномалии брома формируются в сводовых частях антиклинальных структур, где формируются и залежи углеводородов.

Наиболее контрастные аномалии брома в регионе зафиксированы в подземных водах палеозоя на Спиваковской структуре, которые достигают 506,52 мг/дм³ при минерализации 198,2 г/дм³. Высокие содержания галогена установлены также в водах Шебелинской, Червоно-Донецкой, Балаклейской структурах (табл. 3).

Максимальное содержание брома в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины установлено в пластовых водах Спиваковского газового месторождения, химический состав которых приведен в таблице 4.

Взаимосвязь накопления брома с увеличением минерализации и глубины залегания водоносного горизонта четко отражается в пространственном распространении этого элемента в пре-

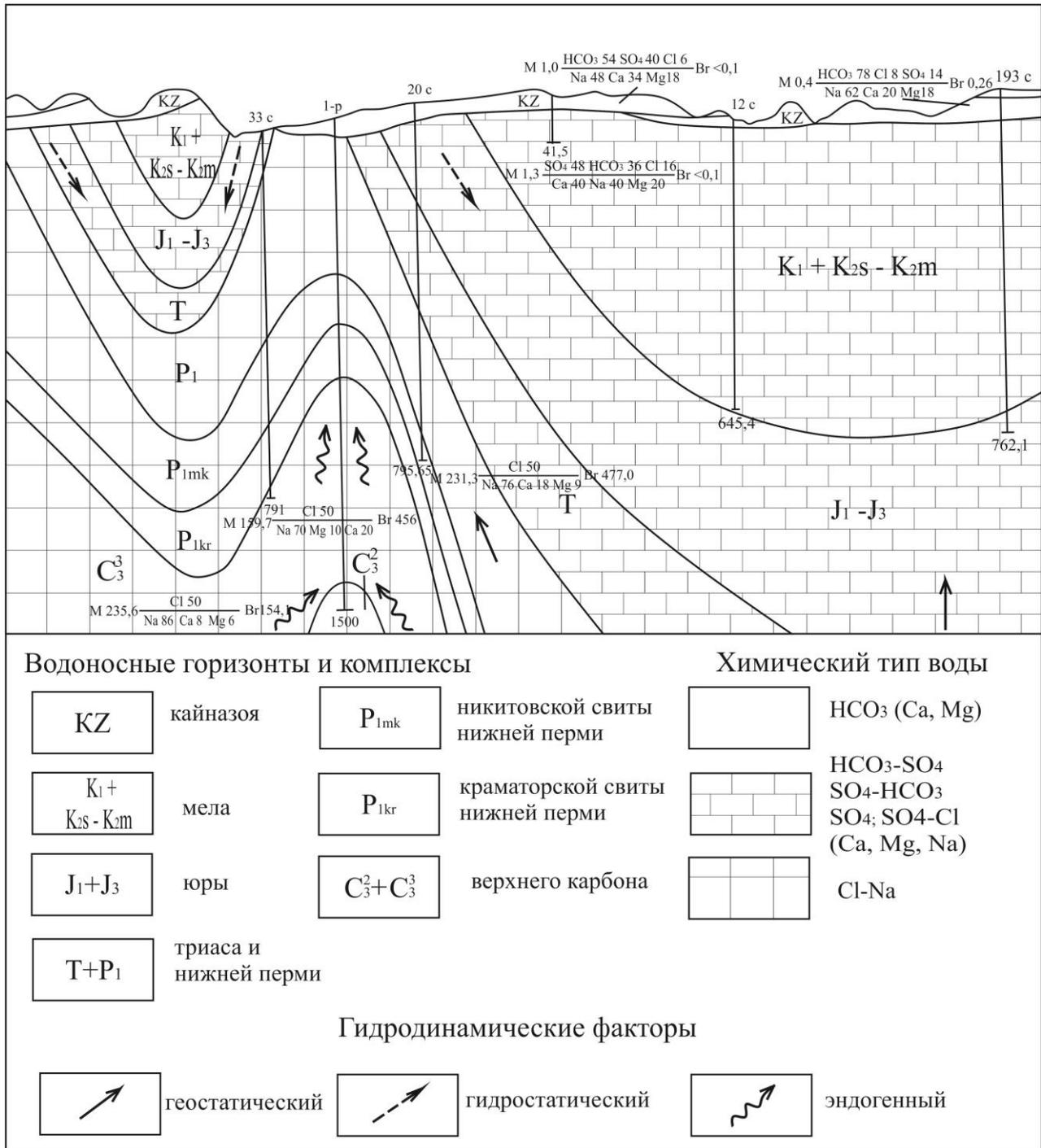


Рис. 2. Схема формирования гидрогеохимической зональности на Спиваковской структуре

Таблица 3

Содержание брома в подземных водах некоторых антиклинальных структур юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины

Название структуры, номер скважины	Возраст	Глубина, м	Минерализация, г/дм ³	Микроэлементы, мг/дм ³	
				Br	J
Шебелинская, 58	P ₁	1920-1963	125,0	114,0	10,2
Шебелинская, 33	C ₃	2508-2525	126,7	284,8	7,61
Балаклейская, 3-р	P ₁	1987-1993	100,2	147,7	5,5
Балаклейская, 3-р	C ₃	2555-2567	100,0	162,9	31,75

Химический состав пластовых вод Спиваковского газового месторождения
(по данным УкрНиигаза, 1985-2000 гг.)

№ скважины	Минерализация, г/дм ³	Компонентный состав, %-экв						Br, мг/дм ³	J, мг/дм ³
		Cl	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁺	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
5	214,79	49,82	0,18	0,005	37,38	7,97	4,65	123,28	18,62
6	196,70	49,72	0,24	0,04	34,84	6,44	8,72	396,80	14,39
13	125,50	49,35	0,65	-	36,31	9,28	3,71	289,40	9,31
15	104,60	49,19	0,80	0,01	33,02	6,47	10,51	131,32	5,93
17	249,29	49,78	0,19	0,03	36,28	8,07	5,65	485,08	19,90
18	161,47	49,53	0,47	-	39,91	8,49	4,60	294,81	11,00
19	223,39	49,87	0,13	-	36,3	8,8	4,20	352,80	24,62
20	197,80	49,81	0,19	-	38,73	7,64	3,63	428,80	18,62
22	154,20	49,76	0,20	0,04	34,11	7,49	8,40	383,20	13,50
23	213,80	49,77	0,21	0,02	37,71	7,88	4,41	493,12	16,08
24	214,00	49,79	0,19	0,024	37,27	8,00	4,74	498,48	15,66
27	198,20	49,75	0,21	0,04	35,25	8,73	6,01	506,52	20,94
30	217,78	49,79	0,21	-	37,42	7,86	4,72	407,36	27,08
32	214,00	49,76	0,20	0,032	36,20	7,83	5,97	503,8	23,7
37	242,39	49,78	0,22	-	38,01	7,31	4,65	487,76	37,24

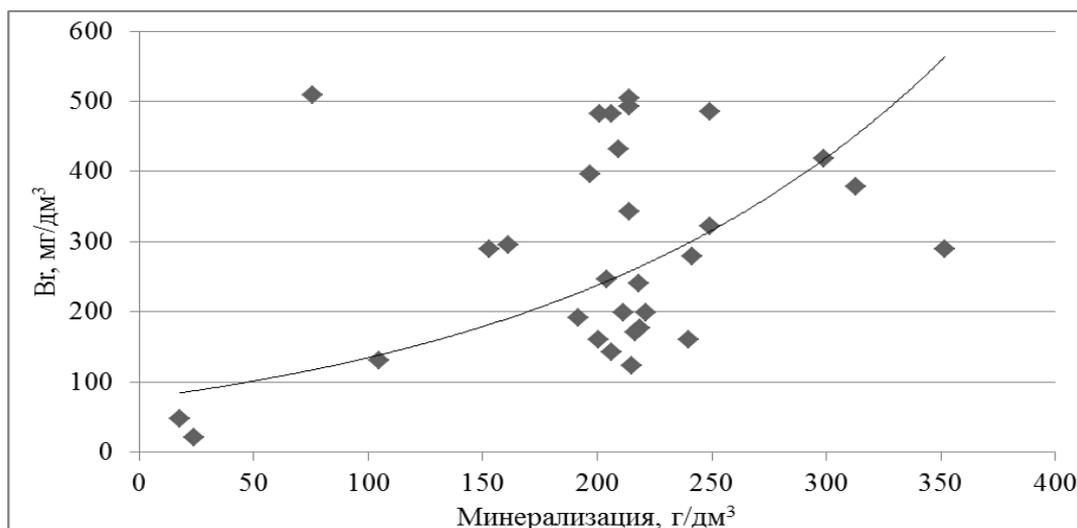


Рис. 3. График зависимости содержания брома и минерализации в подземных водах палеозойских отложений на Спиваковской структуре

делах отдельных (Спиваковская структура) структур региона (рис. 3).

Экономическая целесообразность использования подземных вод для извлечения из них ценных компонентов устанавливается на основе технико-экономического обоснования. Требования к минимальным их концентрациям в промышленных водах не являются постоянными и обусловлены во многом уровнем развития технологий, необходимостью потребления этих компонентов в различных отраслях хозяйства и конъюнктурой мирового рынка [2, 8, 23].

В настоящее время минимальные промышленные концентрации брома, в водах составляют 150-250 мг/дм³, что часто соответствует аномальному содержанию рассматриваемого элемента в подземных водах нижнепермских-верхнекаменноугольных отложений юго-восточной части ДДВ. Попутное извлечение из водных растворов одного микроэлемента, в частности брома, из подземных вод не всегда целесообразно, поэтому более перспективно рассматривать комплексное извлечение различных микроэлементов [3].

Основными резервуарами бромных вод на исследуемой территории служат нефтегазоносные породы нижней перми и верхнего карбона. Для комплексного использования подземных вод нефтяных и газовых месторождений возможны следующие варианты: использование нефтегаз-промысловых сточных вод, которые являются бесплатным сырьем; добыча гидроминерального сырья совместно с нефтью и газом при форсированной разработке небольших месторождений; использование бромных вод выработанных нефтяных и газовых месторождений; совместное использование нефтегазопромысловых сточных вод и рассолов, добываемых из непродуктивных горизонтов; добыча бромных вод из непродуктивных горизонтов на нефтегазоносных месторождениях [8, 23].

Выводы:

1. Наиболее контрастные ореолы брома фор-

мируются в сводовых частях антиклинальных структур.

2. Содержание брома в пластовых водах увеличивается с ростом степени минерализации и глубиной залегания водоносных горизонтов и комплексов.

3. Совместное нахождение элемента и углеводородов объясняется одними и теми же путями миграции по гидродинамическим ослабленным зонам разрывных нарушений.

4. Наиболее рентабельным представляются возможности извлечения брома, из попутных пластовых рассолов вод нефтяных и газовых месторождений.

5. Основными резервуарами бромных вод на исследуемой территории служат нефтегазоносные породы нижней перми и верхнего карбона.

Литература

1. Бабинец А.Е. Подземные воды юго-запада русской платформы [Текст] / А.Е. Бабинец. – Киев: Наук. Думка, 1961. – 377 с.
2. Бондаренко С.С. Подземные промышленные воды [Текст] / С.С. Бондаренко, Г.В. Куликов. – М.: Недра, 1984. – 358 с.
3. Бураков Ю.Г. Совместное освоение углеводородного и гидротермального сырья на месторождениях нефти и газа [Текст] / Ю.Г. Бураков // Проблемы разработки газовых, газоконденсатных и нефтеконденсатных месторождений. – 2014. – № 4 (20). – С. 59-68.
4. Гаврилюк О.В. Палеогидрогеохимические особенности накопления брома в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины [Текст] / О.В. Гаврилюк // Вісник ОНУ. Серія: Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20. – Вип. 3. – С. 145-156.
5. Гавриш В.К. Заложение, развитие Днепровско-Донецкой впадины и проблема ее крупномасштабного тектонического районирования [Текст] / В.К. Гавриш // Геологический Журнал. – 1986. – №4. – С. 3-16.
6. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Нефтегазоносность [Текст] / [Кабьшев Б.П., Шпак П.Ф., Былык О.Ф. и др.]. АН УССР Ин-т геологических наук. – Киев: Наук. думка, 1989. – 204 с.
7. Гуцало Л.К. Обице региональные геохимические особенности подземных вод Днепровско-Донецкой впадины [Текст] / Л.К. Гуцало, В.А. Кривошей // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1969. – Вып. 19. – С. 75-86.
8. Ибрагимов Р.Л. Оценка использования подземных вод нефтяных месторождений республики Татарстан в качестве гидроминерального сырья [Текст] / Р.Л. Ибрагимов // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. – 2011. – Выпуск 2(4). – 9 с.
9. Колодий В.В. Подземные воды нефтегазоносных провинций и их роль в миграции и аккумуляции нефти [Текст] / В.В. Колодий. – Киев: Наукова думка, 1983. – 248 с.
10. Крайнов С.Р. Гидрогеохимия [Текст] / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. – М.: Недра, 1992. – 463с.
11. Крюченко Н.О. Галогены подземных вод нефтегазоносных районов Днепровско-Донецкой впадины [Текст] / Н.О. Крюченко, Э.Я. Жовинский, М.В. Кухар, К.Э. Дмитренко // Геотехнічна механіка. – 2013. – № 112. – С. 163-172.
12. Ксензенко В.И. Химия и технология брома, йода и их соединений [Текст] / В.И. Ксензенко, Д.С. Стасиневич. – М.: Химия, 1995. – 432 с.
13. Кудельский А.В. Геохимия, формирование и распространение йодо-бромных вод [Текст] / А.В. Кудельский, М.Ф. Козлов. – Минск: Наука и техника. – 1970. – 144 с.
14. Мировой рынок брома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ukrchem.dp.ua/2012/03/21/mirovoj-rynok-broma-2011-god.html>. – Загл. с экрана.
15. Обзор рынка брома и бромистых соединений в СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/31673951-Obzor-rynka-broma-i-bromistyh-soedineniy-v-sng.html>. – Загл. с экрана.
16. Суярко В.Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена [Текст] / В.Г. Суярко. – Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина. – 2003. – 225 с.
17. Суярко В.Г. Особливості формування газогеохімічної зональності у Північно-Західному Донбасі [Текст] / В.Г. Суярко. – Вісник ХНУ. – 2006. – № 736. – С. 67-72.
18. Суярко В.Г. Причини гідрогеохімічної інверсії та її зв'язок із зонами газонакопичення [Текст] / В. Г. Суярко // Проблеми нафтогазової промисловості. – 2006. – Вип. 4. – С. 62-64.

19. Суярко В.Г. Про джерела надходження та міграцію брому в підземних водах (на прикладі Дніпровсько–Донецького авлакогену) [Текст] / В.Г. Суярко, О.В. Гаврилюк // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: «Геологія. Географія. Екологія». – 2014. – №41 (1128). – С. 70-75.
20. Суярко В.Г. Структурно–геохімічні критерії прогнозування скупчень вуглеводнів (на прикладі Західно–Донецького грабену) [Текст] / В.Г. Суярко, В.М. Загнітко, Г.В. Лисиченко. – Київ: Салютіс. – 2010. – 83 с.
21. Суярко В.Г. Экология подземной гидросферы Донбасса [Текст] / В.Г. Суярко. – Киев. – 1997. – 69 с.
22. Чирвинская М.В. Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным [Текст] / М.В. Чирвинская, В.Б. Соллогуб. – Київ: Наукова думка, 1980. – 178 с.
23. Шварцев С.Л. Перспективы использования промышленных рассолов Сибирской платформы для извлечения лития и брома [Текст] / С.Л. Шварцев, С.В. Алексеев, А.Г. Вахромеев, Л.П. Алексеева // Материалы VIII междунар. конфер. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых». – Новосибирск. – 2012. – Т. 2. – С. 29-32.