

ПРИМЕНЕНИЕ **ФАКТОРНОГО** **АНАЛИЗА** при ИЗУЧЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЙОДОБРОМНЫХ ВОД ТИМАНО- СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

С помощью факторного анализа выявлены гидрогеохимические и генетические особенности распространения на территории Тимано-Североуральского региона на подземных промышленных йодобромных вод.

Введение

Иод и бром являются ценными компонентами, используемыми в различных отраслях промышленности. Подземные промышленные воды глубоких горизонтов крупных артезианских бассейнов, предгорных и межгорных впадин служат одним из источников их получения. Это подтверждается длительной эксплуатацией гидроминеральных месторождений за рубежом. В Российской Федерации есть 5 месторождений йодобромных рассолов: Славяно-Троицкое (Краснодарский край), Краснокамское (Пермская обл.), Черкашинско-Тобольское (Тюменская обл.), Астраханское (Астраханская обл.) и Северодвинское (Архангельская обл.) [1, 2]. В настоящее время в качестве условных предельных значений концентраций полезных компонентов промышленных вод принимаются следующие (мг/л): бром — 250, йод — 18, при одновременном извлечении: Br — 200, J — 10 [3, 4].

Подземные высокоминерализованные воды и рассолы Тимано-Североуральского региона, приуроченные к различным по литологическому

Т.П. Митюшева*, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории минерально-сырьевых ресурсов, ФГБУН Институт геологии Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук

О.Е.Амосова, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории минерально-сырьевых ресурсов, ФГБУН Институт геологии Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук

составу отложениям широкого стратиграфического диапазона, являются составной частью провинции подземных промышленных вод Русской платформы [3, 4] и содержат высокие концентрации брома, йода и других ценных компонентов. Проведенные ранее А.Ф. Горбачевым (1961 г.), Г. П. Лысениным и др. (1969 г.), В. М. Поповым [5], Г.Д.Сосновской и М.П. Найшулер (1981 г.), В.М. Мильковым (1985 г.) и др. исследования и обобщения по промышленным водам региона большей частью не опубликованы и приведены в производственных отчетах. Было установлено, что пластовые и попутные воды многих нефтяных и газовых месторождений Тимано-Печорской провинции (ТПП) являются кондиционным минеральным сырьем по содержанию полезных компонентов: брома (Br), йода (J), бора, стронция, лития, рубидия, цезия, солей кальция, натрия, калия и магния. В работе [6] дана оценка запасов перспективных месторождений промышленных йодобромных вод с повышенными содержаниями лития и стронция (Мишвань-Командиршорского, Баганского и Сандивейского). Оценка перспективности извлечения микрокомпонентов из попутных вод нефтяных месторождений ТПП и получения продукции (йода, брома, оксида магния, карбоната лития, карбоната стронция) проведена в Институте «ПечорНИПИнефть» [7]. Было выделено 9 перспективных гидроминеральных месторождений: Западно-Тэбукское, Пашнинское, Джьерское, Мичаюское, Северо-Савиноборское, Нижнеомринское, Усинское, Баганское и Возейское. Разрабатываются промышленные технологии извлечения и переработки попутных вод Нижнеомринского и Верхнеомринского

*Адрес для корреспонденции: mityusheva@geo.komisc.ru

нефтяных, Вуктыльского и Лаявожского газоконденсатных и других месторождений [8].

Материалы и методы исследования

Исследованы особенности формирования и распространения подземных промышленных йодобромных вод Тимано-Североуральского региона с помощью одного из методов многомерного статистического анализа – факторного анализа. Выявление геохимических и генетических факторов, обуславливающих развитие подземных вод с высокими содержаниями Вг и J, осуществлялось на основе анализа химического состава вод, глубины залегания водоносного комплекса (**ВК**), гидрохимических коэффициентов Cl/Вг и rNa/rCl.

Для расчёта матрицы корреляций, описательных статистик и выполнения факторного анализа была использована статистическая программа Statistica 6.0. В качестве

метода факторизации (метода выделения факторов) применен метод главных компонент, как наиболее часто употребляемый исследователями.

Наличие большого объема информации по параметрам подземных минеральных вод, собранного из фондовых и опубликованных работ за период 1933–2012 гг. в единый банк данных, позволило провести их статистическую обработку. Для статистического анализа было выбрано 1460 точек наблюдений, содержащих полный набор макрокомпонентов (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), Вг и J, интервал опробования (глубину залегания верхнего интервала опробования вод). Описательные статистики параметров вод приведены в *табл. 1*. Достоверность полученных результатов определялась представительностью размера выборки. Ряд важных параметров, таких как величина pH, температура и др., при дальнейшей статистической обработке не рассматривались в связи с неполным объемом имеющихся данных (*табл. 1*).

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных йодобромных подземных вод Тимано-Североуральского региона

Параметры	Описательные статистики						
	Число наблюдений	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Интервал опробования, м	1460	2314,7	2279,5	174,0	4966,0	918,4	39,7
Минерализация, мг/л	1460	130988,1	132000,0	6150,0	277000,0	56919,8	43,5
Na, мг/л	1460	38327,8	38838,6	1811,8	99789,7	17456,0	45,5
Mg, мг/л	1460	1811,1	1732,8	3,0	10400,0	1025,3	56,6
Ca, мг/л	1460	9005,6	8408,4	98,0	27377,0	4887,1	54,3
Cl, мг/л	1460	80045,4	80294,6	2955,7	170045,0	35131,5	43,9
SO ₄ , мг/л	1460	850,5	691,6	1,4	4920,3	765,4	90,0
HCO ₃ ⁻ , мг/л	1460	221,9	138,8	2,2	2400,0	281,4	126,8
Вг, мг/л	1460	319,0	292,8	3,2	1260,0	185,4	58,1
J, мг/л	1460	12,9	10,6	0,4	67,7	9,3	71,9
rNa/rCl	1460	0,7	0,7	0,5	1,1	0,07	10,0
Cl/Вг	1460	297,4	275,9	111,2	6463,6	268,9	90,4
pH	1314	6,5	6,8	1,9	10,9	1,1	16,0
Температура, °C	302	59,0	62,4	13,5	101,0	20,5	34,7

Подземные минеральные воды Тимано-Североуральского региона изучены до глубины 6918 м (скв. Колвинская параметрическая) и в целом подчиняются вертикальной гидрохимической зональности. Химический состав высокоминерализованных вод и рассолов сульфатно-хлоридный и хлоридный натриевый (кальциево-натриевый, реже трехкомпонентный). Максимальная минерализация подземных вод региона достигает величины 350 г/л (скв. 6 – Кочмес). Гидрохимические данные, по которым проведен факторный анализ, характеризуются меньшим диапазоном общей минерализации 6,1 – 277,0 г/л и глубиной исследования до 4966 м. Вариации концентраций основных и полезных компонентов, параметров ВК, используемых для статистической обработки, приведены в *табл. 1*. Большой разброс данных, высокие коэффициенты вариации

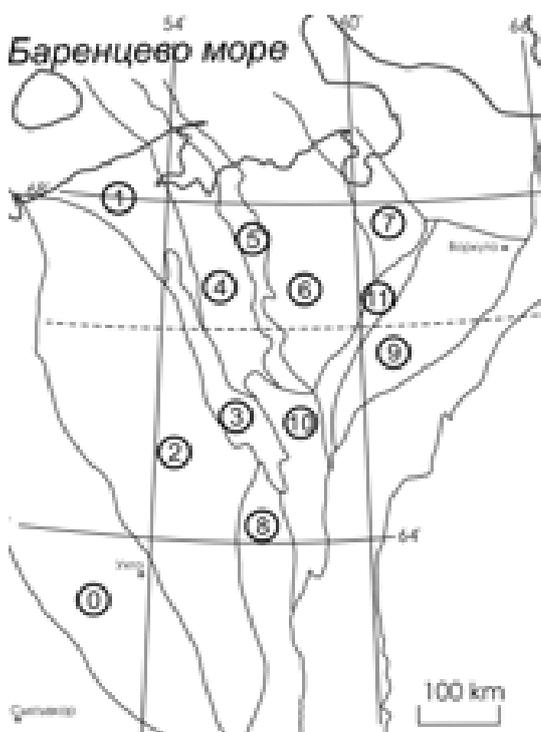


Рис. 1. Выделенные для проведения факторного анализа структуры Тимано-Североуральского региона:
 0 – Тиманская гряда; 1–7 – Печорская синеклиза (1 – Малоземельско-Колгуевская моноклираль; 2 – Ижемская впадина, Нерицкая моноклираль, Омра-Лузская седловина; 3–5 Печоро-Колвинский авлакоген: 3 – Печоро-Кожвинский мегавал, 4 – Денисовский прогиб, 5 – Колвинский мегавал; 6 – Хорейверская впадина; 7 – Варандей-Адзвинская структурная зона); 8–11 – Предуральский краевой прогиб (8 – Верхнепечорская впадина; 9 – Косью-Роговская впадина; 10 – Большесынинская впадина и Среднепечорское поперечное поднятие; 11 – гряда Чернышева.

и стандартные отклонения почти для всех параметров свидетельствуют о неоднородности выборки.

Точки наблюдений (точки опробования вод скважинами) приурочены к следующим водоносным комплексам (большей частью отвечающим установленным нефтегазоносным комплексам ТПП [6]):

1. Водоносная зона трещиноватости протерозойских отложений (PR);
2. ВК ордовикских, силурийских и нижнедевонских карбонатных отложений (O-S-D₁);
3. ВК среднедевонско-нижнефранских терригенных отложений (D₂-D_{3f});
4. ВК верхнедевонско-нижнекаменноугольных (семилукско-турнейских) карбонатных отложений (D₃-C₁);
5. ВК каменноугольно-нижнепермских карбонатных отложений (C-P₁);
6. ВК пермских терригенных отложений (P₁₋₂);
7. ВК триасовых отложений (T);
8. ВК юрских и меловых отложений (J-K).

Точки наблюдений имеют также площадную привязку к 12 структурам (рис. 1), выделенным в соответствии со структурно-тектоническим районированием территории [9]. В связи с неравномерностью гидрогеологического опробования, некоторые структуры первого порядка Тимано-Североуральского региона нами были объединены.

Результаты и их обсуждение

Промышленные содержания брома свыше 250 мг/л установлены в ВК карбонатных и терригенных отложений палеозоя: O-S-D₁, D₂-D_{3f}, D₃-C₁ и C-P₁ (рис. 2). К бромным промышленным водам можно отнести пластовые воды с минерализацией более 1,2–1,5 г/л, залегающие на глубинах более 800 м. Максимальные (свыше 800 мг/л) значения брома установлены в водах D₂-D_{3f} и O-S-D₁ отложений в пределах выделенных структур 1, 2 и 5 (площади Песчаноозерская, Пашнинская, Западно-Тэбукская, Северо-Савиноборская, Среднемылвинская, Джебольская, Южноджебольская, Харьгинская) (рис. 3).

Корреляционный анализ выявил закономерную значимую тесную (более 0,7) положительную связь содержания брома с хлорид ионом, катионами натрия, кальция

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции между основными параметрами

Параметры	Коэффициенты корреляции											
	Интервал опробования	Минерализация	Na	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Br	J	rNa/rCl	Cl/Br
Интервал опробования, м	1,00	0,37	0,41	-0,10	0,22	0,36	0,14	0,15	0,35	0,28	0,22	-0,02
Минерализация, мг/л	0,37	1,00	0,98	0,48	0,81	1,00	-0,05	-0,15	0,79	0,16	0,00	-0,00
Na, мг/л	0,41	0,98	1,00	0,39	0,69	0,98	0,01	-0,13	0,70	0,16	0,16	0,07
Mg, мг/л	-0,10	0,48	0,39	1,00	0,44	0,49	-0,21	-0,12	0,46	0,12	-0,38	-0,15
Ca, мг/л	0,22	0,81	0,69	0,44	1,00	0,82	-0,21	-0,21	0,87	0,11	-0,41	-0,20
Cl, мг/л	0,36	1,00	0,98	0,49	0,82	1,00	-0,07	-0,16	0,80	0,16	-0,02	-0,01
SO ₄ , мг/л	0,14	-0,05	0,01	-0,21	-0,21	-0,07	1,00	0,21	-0,17	-0,08	0,44	0,19
HCO ₃ , мг/л	0,15	-0,15	-0,13	-0,12	-0,21	-0,16	0,21	1,00	-0,13	0,08	0,20	0,00
Br, мг/л	0,35	0,79	0,70	0,46	0,87	0,80	-0,17	-0,13	1,00	0,20	-0,24	-0,30
J, мг/л	0,28	0,16	0,16	0,12	0,10	0,16	-0,08	0,08	0,20	1,00	-0,05	-0,14
rNa/rCl	0,22	0,00	0,16	-0,38	-0,41	-0,02	0,44	0,20	-0,24	-0,05	1,00	0,30
Cl/Br	-0,02	-0,00	0,07	-0,15	-0,20	-0,01	0,19	0,00	-0,30	-0,14	0,30	1,00

Примечание. Жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции более 0,5.

Таблица 3

Подземные воды Тимано-Североуральского региона, удовлетворяющие кондиционным требованиям (по [3]) к месторождениям йодобромных вод

Площадь, скважина	Интервал опробования ВК, м	Номер ВК (возраст водовмещающих толщ)	Номер структуры	Минерализация вод, г/л	Содержания, мг/л	
					Br	J
С. Мылвинская	1455–1479	2 (D ₂)	2	194,9–198,4	788–809,8	11,4–17,8
З. Тэбукская	1953–2079	2 (D ₂)	2	182,9–240,0	139–982	6,4–15,0
Пашнинская	2493–3295	2 (D ₂)	2	128,1–236,0	288–1260	2,5–49,1
Харьягинская	2659–4053	2 (D ₂)	5	124,1–194,2	306,4–962,0	8,5–31,7
Ю. Сенгейская	1980–2234	2 (S ₁)	1	169–191,2	424–916	25,0–47,0
Песчаноозерская	3620–3691	2, 3 (D ₃ PS, O)	1	184,4–189,3	916,0–949,7	63,4–67,7
Хосолтинская	3860–4000	2 (S–D ₁)	7	196–209,9	711–777,9	15–16,8
Макарихинская, 12	4360–4515	2 (O ₁₋₂)	6	193,7	1027,2	22,4
Колвинская параметрическая	6911–6918	2 (S ₁)	6	218,9	1113,8	31,7

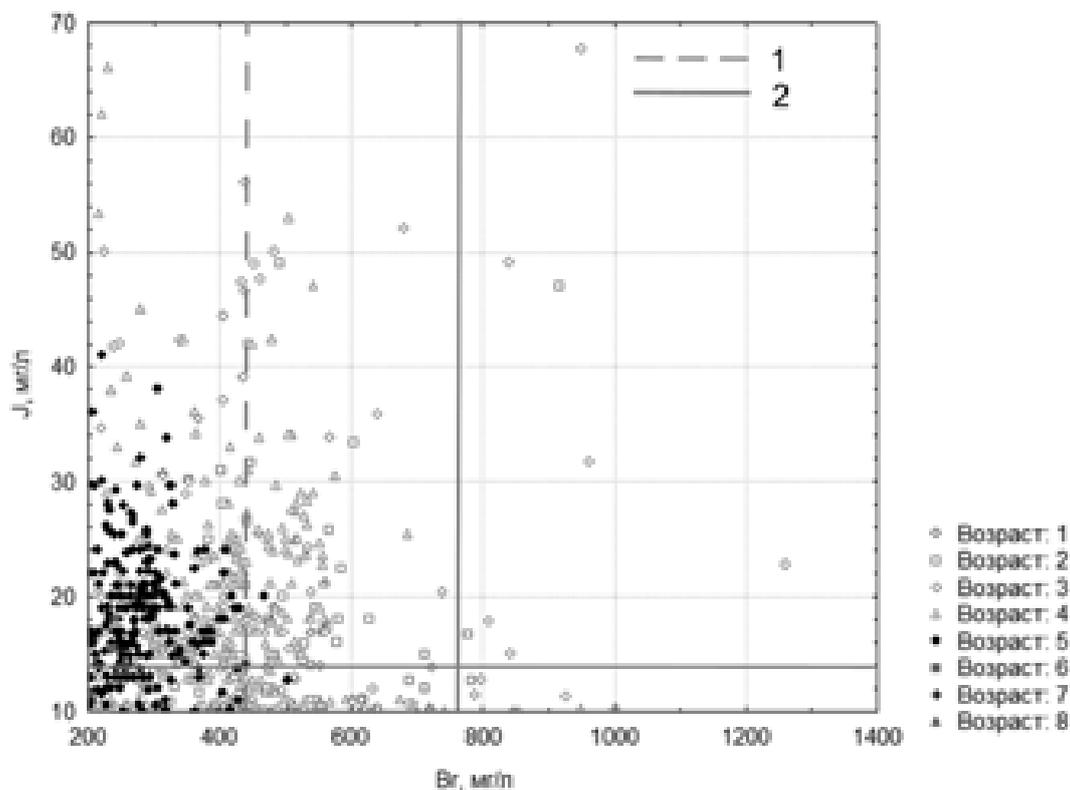


Рис. 2. Распределение промышленных содержаний брома и йода в подземных водах Тимано-Североуральского региона выделенных ВК. Линии на графике показывают минимальные промышленные концентрации: 1 – Br = 440 мг/л (по Г. П. Лысенину), 2 – Br = 760 мг/л, J = 14 мг/л (по [3])

Таблица 4

Результаты факторного анализа

Параметры	Факторные нагрузки (вращение варимакс нормализованных)			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Интервал опробования, м	0,33	0,22	0,69	-0,21
Минерализация, мг/л	0,98	0,07	0,13	0,05
Na, мг/л	0,93	0,22	0,16	0,03
Mg, мг/л	0,56	-0,44	-0,25	0,04
Ca, мг/л	0,85	-0,32	0,04	0,14
Cl, мг/л	0,98	0,05	0,12	0,07
SO ₄ , мг/л	-0,01	0,50	-0,10	-0,58
HCO ₃ , мг/л	-0,14	-0,07	0,12	-0,85
Br, мг/л	0,84	-0,30	0,19	0,01
J, мг/л	0,06	-0,19	0,80	0,05
rNa/rCl	-0,07	0,78	0,16	-0,31
Cl/Br	-0,02	0,73	-0,19	0,18
Общая дисперсия	4,67	1,91	1,36	1,26
Доля общей дисперсии	0,39	0,16	0,11	0,11

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки, абсолютные значения которых более 0,7.

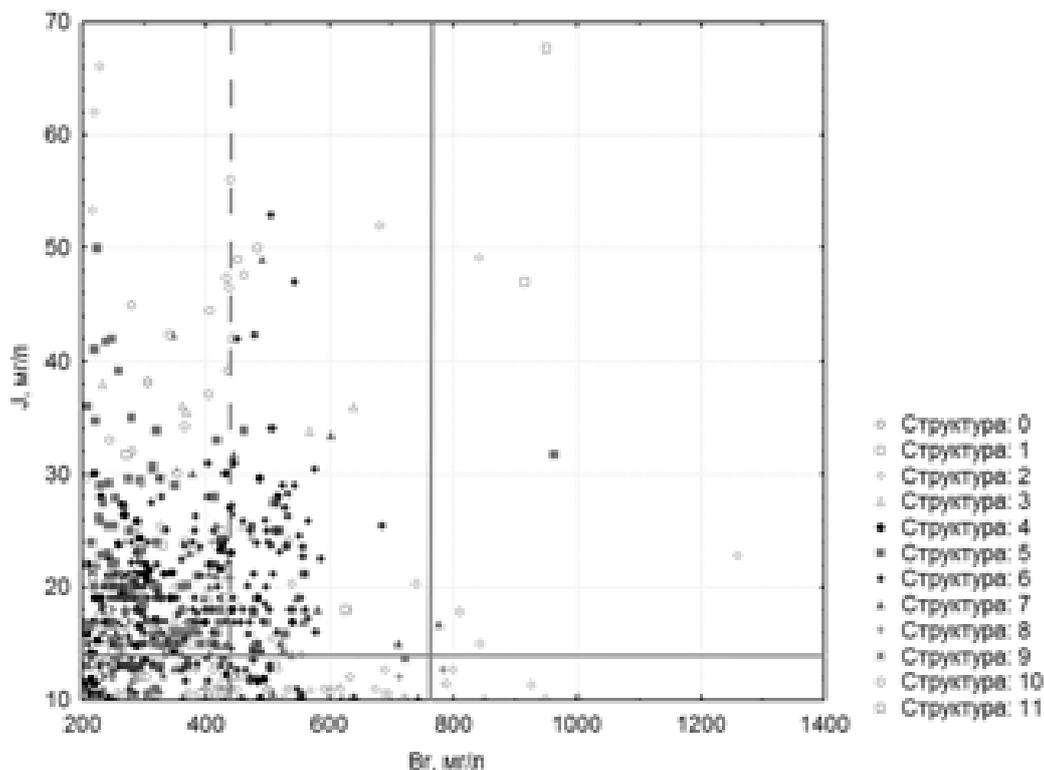


Рис. 3. Распределение промышленных содержаний брома и йода в подземных водах Тимано-Североуральского региона в зависимости от приуроченности к выделенным структурам. Условные обозначения по рис. 2.

и минерализацией подземных вод (табл. 2), а также наличие значимой умеренной (0,35) связи с глубиной залегания опробованных ВК. Это обусловлено ведущей ролью процессов концентрирования подземных вод и ионного обмена с увеличением глубины залегания отложений в условиях замедленного водообмена в формировании химического состава вод.

Воды с кондиционными (свыше 18 мг/л) содержаниями йода встречаются как в ВК палеозоя, так и более молодых мезозойских ВК нефтегазоносных отложений Печорской синеклизы и Предуральского краевого прогиба. Высококонцентрированные (до 40–60 мг/л) йодные воды приурочены к $O-S-D_1$, $D_2-D_3f_1$, D_3-C_1 , $C-P_1$ ВК, залегающим на глубинах от 300 до 4300 м, в пределах различных структур: Малоземельско-Колгуевской моноклинали (Седуяхинская, Песчаноозерская и Южносенгейская площади), Ижемской впадины (Джьерская, Пашнинская), Варандей-Адьзвинской зоны (Медынская, Нядейюская), Печоро-Колвинского авлакогена (Возейская, Усинская площади), Хорейверской впадины

(Верхнеколвинская) и Среднепечорского поперечного поднятия (Соплеская, Югидская, Аранецкая площади) (рис. 2, 3).

Коэффициенты корреляции йода со всеми параметрами малы (табл. 2). Отмечается только слабая (0,28) положительная связь с глубиной залегания опробованных ВК. Причиной является отсутствие в проведенном анализе параметров, влияющих на накопление йода, из-за неполноты имеющихся данных. Так в [10] подчеркивается роль температуры, а также количества и типа органического вещества в формировании йодных вод, Йодобромные воды ($Br > 200$, $J > 10$ мг/л) широко распространены на всей исследуемой территории, за исключением Тиманской гряды. Они встречаются, преимущественно, в $O-S-D_1$, $D_2-D_3f_1$, D_3-C_1 и $C-P_1$ ВК (рис. 2, 3).

Для ТПП Г. П. Лысениным предложено использовать в качестве минимальных промышленных концентраций следующие: бром – 440 мг/л, йод – 10 мг/л при их совместном извлечении. Для нашего региона С.С.Бондаренко и др. [3] рекомендуют использовать более высокие ориен-

тировочные кондиционные требования к месторождениям подземных промышленных йодобромных вод (в мг/л): Br — 760, J — 14 (рис. 2, 3). В табл. 3 приведены пластовые воды нефтегазоносных площадей Ижемской впадины, Колвинского мегавала, Малоземельско-Колгуевской моноклинали, Хорейверской впадины и Варандей–Адзвинской структурной зоны, величины ценных компонентов которых удовлетворяют этим высоким требованиям. Перспективность глубокозалегающих подземных вод региона в отношении промышленных йодобромных вод можно оценить, опираясь на данные скважины Колвинская параметрическая, которые не вошли в проведенный статистический анализ (для уменьшения выбросов по некоторым параметрам).

На следующем этапе проведенных исследований более детального анализа структуры корреляционной матрицы был выполнен факторный анализ (методом главных компонент). В результате выделено четыре основных фактора, которые объясняют 77 % общей дисперсии выборки (табл. 4). Выбор числа факторов проведен на основе двух критериев — Кайзера и «каменистой осыпи» [11-13], как наиболее часто употребляемых.

В табл. 4 приведены результаты факторного анализа; факторные нагрузки представляют собой корреляции между параметрами и факторами. Выделенным факторам может быть дана следующая генетическая интерпретация.

Признаковая структура фактора 1 выделяется наиболее четко. Она отражает корреляционные связи между минерализацией подземных вод, содержаниями хлора, натрия, кальция и брома. Фактор объясняет процессы формирования состава вод, в первую очередь за счёт испарительного концентрирования морских вод.

У фактора 2 большие нагрузки приходятся на гидрохимические коэффициенты Cl/Br и rNa/rCl. Этот фактор показывает генезис и степень метаморфизации минеральных вод и рассолов. Низкие значения коэффициентов отражают морской генезис седиментогенных вод и их преобразование, которое сопровождается понижением значений обоих коэффициентов. Высокие значения Cl/Br до 4500, rNa/rCl до 1 и более — роль процессов выщелачивания соленосных пермских и ордовикских толщ, распространенных в Предуральском прогибе.

Фактор 3 отмечен высокими нагрузками на йод и глубину залегания ВК. Катагенетические постседиментационные преобразования рассеянного органического вещества пород под воздействием повышающейся температуры по мере увеличения глубины залегания способствуют накоплению йода в водах.

Фактор 4 имеет значительные отрицательные связи с сульфат- и гидрокарбонат ионами. Он иллюстрирует влияние вторичных преобразований в системе вода — порода — газ — органическое вещество на химический состав вод: формирование хлоридных вод в ходе пря-





мой метаморфизации рассолов, снижение концентраций сульфат ионов при генерации H_2S путем биохимической или термохимической редукции сульфатов, гидрокарбонат ионов за счет образования CO_2 и вторичной доломитизации пород.

Заключение

Исследование основных закономерностей распространения подземных высокоминерализованных вод и рассолов показало, что в пределах Тимано-Североуральского региона промышленные бромные, йодные и йодобромные воды имеют региональное развитие. Они могут быть встречены в нефтегазоносных палеозойских отложениях каждой из выделенных структур.

Бромные воды, имеющими минерализацию свыше 1,2–1,5 г/л и залегающие на глубинах более 800 м, практически повсеместно распространены и связаны со всеми ВК палеозоя. Йодные воды менее распространены и встречаются локально как на небольших глубинах (300 м), так и на значительных (более 4000 м) в ВК палеозоя (O–S–D₁, D₂–D_{3f1}, D₃–C₁, C–P₁) и мезозоя (Т).

Выделены наиболее перспективные площади, отвечающие высоким (Br более 760 мг/л, J более 14 мг/л) кондиционным требованиям к месторождениям подземных промышленных йодобромных

вод, O–S–D₁ и D₂–D_{3f1} ВК в пределах Ижемской впадины (Западно-Тэбукская, Пашнинская и Северно-Мылвинская), Колвинского мегавала (Харьгаинская), Малоземельско-Колгуевской моноклинали (Песчаноозерская и Южно-Сенгейская), Хорейверской впадины (Макарихинская), Варандей-Адзвинской структурной зоны (Хосолтинская). Это еще раз подтверждает перспективность региона в плане комплексного освоения месторождений углеводородного и гидроминерального сырья.

В результате проведенного факторного анализа выявлено четыре ведущих фактора, которые позволяют объяснить формирование химического состава подземных высокоминерализованных вод и рассолов Тимано-Североуральского региона. Фактор 1 отражает рост минерализации и концентрирование хлора, брома и других элементов в подземных водах. Фактор 2 показывает генезис и степень метаморфизации подземных вод. Фактор 3 (связанный с глубиной залегания ВК и накоплением йода) и фактор 4 свидетельствуют о катагенетических постседиментационных преобразованиях в системе вода – порода – газ – органическое вещество.

Таким образом, ценные компоненты йод и бром имеют различную природу накопления в подземных водах, что подтверждается результатами статистической обработки данных.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программ фундаментальных исследований РАН №12-У-5-1015.

Литература

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1.01.2009 г. Вып. 93. Бром. М., 2009.
2. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1.01.2009 г. Вып. 94. Йод. М., 2009.
3. Бондаренко С.С. Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод / С.С. Бондаренко, Л.А. Лубенский, Г.В. Куликов. М.: Недра, 1988. 203 с.
4. Методы изучения и оценка ресурсов глубоких подземных вод / Под ред. С.С.Бондаренко, Г.С.Варганяна. М.: Недра, 1986. 479 с.
5. Попов В.Н. Гидрогеохимические закономерности распространения и перспективы использования промышленных вод Тимано-Печорской про-

винции. Автореф. дис... канд. геол.-минералог. наук. Л., 1979.

6. Дедеев В.А. Подземные воды Европейского северо-востока СССР / В.А. Дедеев, Ю.И. Зытнер, Н.Г. Оберман и др. Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1989. 160 с.

7. Цехмейстрюк А.К. Задачи Института «ПечорНИПИнефть» в свете государственной научно-технической политики в Республике Коми. / А.К. Цехмейстрюк, В.И. Литвиненко // Республика Коми: научно-техническая политика. Матер. науч.-аналитич. конф.. Сыктывкар: Изд-во КЕПС при Главе Республике Коми, 1997. С. 89–93.

8. Ланина Т.Д. Процессы переработки пластовых вод месторождений углеводородов / Т.Д. Ланина, В.И. Литвиненко, Б.Г. Варфоломеев. Ухта: Ухтин. гос. техн. ун-т, 2006. 172 с.

9. Тектоника Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. (Объяснительная записка к «Структурно-тектонической карте Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции» масштаба 1:1000000) / В.А. Дедеев, В.В. Юдин, В.И. Богацкий, А.Н. Шарданов. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 1989. 28 с.

10. Кудельский А.В. Гидрогеология и гидрогеохимия йода. Минск: Наука и техника, 1976. 216 с.

11. Иберла К. Факторный анализ: Пер. с нем. М.: Статистика. 1980. 398 с.

12. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка, М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд. М.: Финансы и статистика. 1989. 215 с.

13. Харман Г. Современный факторный анализ: Пер. с англ. М.: Статистика. 1972. 487 с.

T.P. Mityusheva, O.E. Amosova

APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS FOR STUDY OF UNDERGROUND INDUSTRIAL IODOBROMINE WATER OF THE TIMAN-NORTHERN URALS REGION

Hydrochemical and genetic peculiarities of distribution of underground industrial iodobromine water in territory of the Timan-Northern Urals region were revealed using factor analysis.

Key words: factor analysis, underground industrial iodobromine water, Timan-Northern Urals region

