

Особенности распределения микрокомпонентов и редких элементов в подземных водах юрского водонапорного комплекса Бухаро-Хивинского региона с целью прогноза их промышленной значимости

Т.Х. Шоймуратов, Т.И. Муминджанов
(ОАО «ИГИРНИГМ»)

Ключевые слова: водонапорный комплекс, микрокомпоненты, редкие элементы, промышленная вода, гидро-химическая зона, благородные металлы.

АННОТАЦИЯ

Мақолада Бухоро-Хива региони ҳудудида саноатга яроқли ер ости сувларининг вужудга келиш ва тарқалиш шароити ўрганилган. Саноатга яроқли ер ости сувларини ўрганишнинг бугунги кун ҳолати, улар таркибидаги қатор микрокомпонентлар, ноёб элементларни ажратиш олиш, нефт-газ соҳаси конларида йўлдош ва оқова сувларни ишлатиш эвазига экологик мувофиқлик, иқтисодий самарага эришиш имкониятлари, ҳамда Ўзбекистонда гидроминерал ресурсларни ўрганиш, ўзлаштириш билан боғлиқ илмий тадқиқот ва геологик-қидирув ишларининг келажак истиқболлари борасида илмий мушоҳада юритилди.

ANNOTATION

In article, spreading and conditions of forming underground industrial waters within Bukhoro-Khivian region are reviewed. Current state data of a level of scrutiny of process waters as additional source for extraction of microcomponents, rare and rare earths are resulted. The submission about economic and ecological expediency of use associated water and sewage in fields of the oil and gas industry is given, as well as outlooks of further research and exploration work connected with revealing and development of hydromineral resources of Uzbekistan.

В настоящее время во многих странах мира уделяется большое внимание использованию подземных промышленных вод для комплексного извлечения из них полезных компонентов. Подземные минеральные воды и рассолы — это ценное минеральное сырье, используемое для извлечения при кондиционном содержании ряда полезных компонентов — йода, брома, бора, лития, рубидия, стронция, молибдена, вольфрама, германия, рения, скандия и других элементов и их соединений, а также различных солей — поваренной, сульфата натрия, хлористого кальция, магниевых, калиевых и др. В ряде развитых стран (США, Япония, Италия, Германия и др.) достигнуты успехи в использовании гидроминерального сырья для добычи микрокомпонентов, редких элементов и минеральных солей, ежегодная доля добычи из этого сырья составляет: поваренных солей — 30%, калийных — 9%, соды — 10%, сульфата натрия — 30%, хлорида кальция — 22%, йода — 85%, брома — 90%, бора — 25%, магния — 25% и лития — 30% [1, 13].

Современный уровень развития науки и техники создал условия для экономически выгодного использования ресурсов, которые ранее учитывались лишь для отдаленной перспективы. Поэтому не только освоенные промышленностью типы месторождений имеют значение, но и любые возможные источники сырья, непригодные сегодня, могут быть завтра рентабельными, если будут найдены новые технологии их поиска и переработки, утилизации. В свете вышесказанного отрас-

левая «Программа изучения редких и редкоземельных элементов на территории Республики Узбекистан до 2025 года» [12] еще раз подтверждает актуальность и своевременность проведения исследований по изучению сточных вод в промыслах нефтегазовой отрасли.

В зависимости от минерализации, ионно-солевого и газового состава, термобарических и гидродинамических условий нахождения в промышленном отношении подземные воды рассматриваются как питьевые, технические и бальнеологические, использующиеся в целях теплоснабжения и как источник генерации электроэнергии. Минерализованные подземные воды с высоким содержанием макро- и микрокомпонентов, а также их соединений нередко выступают в качестве «жидких руд» и используются как гидроминеральное сырье для химической, легкой и пищевой промышленности, а также применяются в сельском хозяйстве, медицине и других отраслях. Подземные воды являются основным источником получения таких микроэлементов, как йод и бром [6, 8].

Пластовые воды во многих месторождениях углеводородного (УВ) сырья являются обязательным элементом нефтяных и газовых залежей. Наряду с вмещающей структурой, водоносный горизонт, приуроченный к продуктивным отложениям, составляет естественную границу всех промышленно значимых залежей УВ. Поэтому любой нефтегазоносный бассейн является лишь частью бассейна гидрогеологического и подчиняется общим закономерностям его развития, пластовые воды нефтяных и газовых месторождений часто также представлены высокоминерализованными водами [11]. В соответствии с существующими требованиями и принципом комплексной разработки пластовые воды месторождений жидких и газообразных УВ с высоким содержанием ценных элементов также рассматриваются в качестве потенциального источника их получения [3, 4].

Попутная добыча и переработка подземных вод из эксплуатационных скважин добычных промыслов могут осуществляться на отдельных участках месторождений, выбор которых производится с учетом геолого-структурных и гидрогеологических условий на основе гидродинамических и технико-экономических расчетов. Учитывая увеличивающиеся объемы добычи нефти и газа в республике, попутные воды нефтегазовых месторождений могут стать одним из перспективных источников получения редких элементов. В Узбекистане подземные промышленные воды выявлены на плато Устюрт, в Бухаро-Каршинском, Сурхандарьинском и Ферганском артезианских бассейнах. Прогнозные ресурсы их оцениваются в 1357,45 тыс. м³/сут [1, 13].

В Устюртском нефтегазоносном регионе в отложениях верхней юры на структурах Акманказган, Вост. Асаксаудан, Альмамбет вскрыты подземные воды с промышленными концентрациями лития, цезия, стронция, йода и брома, а в отложениях нижней и средней юры — лития, рубидия, стронция, марганца, молибдена, вольфрама, золота, серебра, калия, йода и брома, (Коссор, Акманказган, Отынчи, Николаевская, Чурук, Куаныш, Юж. Айжанкос, Вост. Бердах) и цезия (Тулей, Куаныш, Вост. Бердах). На структуре Альмамбет в неокон-аптских отложениях развиты подземные воды с промышленными концентрациями лития, цезия и стронция.

В пределах Сурхандарьинского артезианского бассейна в меловых отложениях (альб-сеноман-турон) вскрыты подземные воды с промышленными концентрациями лития, стронция, йода и брома (Ляльмикар, Гаджак, Хаудак, Кокайты, Актау, Учкызыл), в образованиях сеноман-палеоцена — лития, йода и брома (Ляльмикар, Хаудак, Кокайты). К породам эоцена (алайский водоносный горизонт) приурочены подземные воды с промышленными концентрациями бора (Ляльмикар, Кокайты).

На территории Ферганского артезианского бассейна в палеогеновых отложениях вскрыты подземные воды с промышленными концентрациями лития (Северный Сох, Чимион, Ханкыз, Палванташ, Зап. Палванташ, Юж. Аламышык) и стронция (Ханкыз, Палванташ, Зап. Палванташ, Юж. Аламышык). В рудничных водах озокеритового месторождения Шорсу выявлены промышленные концентрации бора и германия.

Перспективными на промышленные воды также является карбонатная формация (XVпр, XVр, XVнр горизонты) верхнеюрских водоносных комплексов Бухаро-Хивинского региона (БХР).

Подземные воды глубоких горизонтов Бухаро-Каршинского артезианского бассейна представляет собой сложные растворы, насыщенные различными минеральными солями, редкими и рассеянными элементами. Учитывая то, что эти подземные воды сопровождают известные и уже выявленные и эксплуатируемые месторождения нефти и газа, а также расположены в перспективных зонах на обнаружение УВ скоплений, комплексное освоение подземных флюидов, кроме большого экономического эффекта, может обеспечить еще и сохранение окружающей природной среды.

Обоснованием разработки вод нефтяных и газовых месторождений в этих случаях является возможность использования существующей развитой инфраструктуры, а также необходимость решения социальных и экологических вопросов в каждом конкретном объекте.

Таблица 1

Минимально-промышленные концентрации микроэлементов (МПК), мг/л			
Йод (I)	10	Кадмий (Cd)	1
Бром (Br)	200	Висмут (Bi)	0,1
Бор (B)	50	Молибден (Mo)	0,1
Литий (Li)	10	Вольфрам (W)	0,03
Рубидий (Rb)	1	Германий (Ge)	0,02
Цезий (Cs)	0,5	Галлий (Ga)	0,01
Калий (K)	100	Рений (Re)	0,01
Стронций (Sr)	300	Золото (Au)	0,001
Марганец (Mn)	10	Ниобий (Nb)	0,01
Титан (Ti)	10	Тантал (Ta)	0,01
Хром (Cr)	1	Индий (In)	0,01
Никель (Ni)	1	Бериллий (Be)	0,01
Кобальт (Co)	0,1	Ванадий (V)	0,1
Мышьяк (As)	5	Цирконий	0,1
Сурьма (Sb)	1	Скандий (Sc)	0,1

При выборе наиболее перспективных объектов по содержанию в попутных водах микроэлементов и редких элементов нами использована классификация [2, 5], ориентированная на минимально промышленные концентрации (МПК) полезных компонентов. (табл. 1).

Гидродинамические построения юрского водоносного комплекса БХР отражают весьма сложную картину поведения пьезометрической поверхности в различных участках водоносной системы, что в свою очередь обуславливает сложный характер распределения гидрохимической зональности подземных вод с тенденцией изменения химического состава подземных вод в западном и северо-западном направлениях, от юго-западных отрогов Гиссарского хребта в направлении Питнякского поднятия [7].

Гидрохимическая зона с минерализацией менее 50 г/л протягивается узкой полосой в северо-восточной части региона, прилегающей к Предкызылкумской моноклинали, отличающейся небольшими концентрациями микрокомпонентов: йода (0–2 мг/л), брома (0,26–6,0 мг/л), окиси бора (1,72–92,0 мг/л). Зона слабых рассолов с минерализацией 50–100 г/л протягивается параллельно первой зоне и охватывает почти всю территорию Бухарской ступени, где для пластовых вод характерны содержание йода от 5,63 (Сев. Каракум) до 40 мг/л (Зап. Ташлы), а концентрация брома варьируется от 20,1 до 245,7 мг/л и выше 2608,7 мг/л (Ташлы), что в 13 раз превышает МПК. Содержание оксида бора колеблется в широких диапазонах от 0,1 до 600 мг/л и достигает на пл. Юж. Кунгуртау — 876,0 мг/л. В данной зоне пер-

спективными по содержанию полезных компонентов подземными водами являются воды нижнемелового (неоком-апт) водоносного комплекса, в котором отмечаются промышленные концентрации лития, стронция, йода, брома и др. (Аузбай, Шорбулак, Узуншор, Ташлы, Яккасарай) [1].

Гидрохимическая зона хлор-кальциевых рассолов с минерализацией 100–150 г/л в основном распространена на Чарджоуской ступени, где содержание микрокомпонентов установлено в широком диапазоне (мг/л): йода от 1,0 до 116 (Юж. Зекры); брома от 8,1 до 1424 (Юж. Кемачи) и оксида бора от 0,1 до 1337 (Шуртан) и выше 2440 (Юж. Зекры). На месторождениях Ходжиказган, Учбурган, Сев. Сюзма, Кандым, Денгизкуль-Хауза-Шады, Сев. Денгизкуль, Чандыр, Зеварды, Арниез, Янги Каратепе и Феруза также наблюдается распространение подземных вод с высоким содержанием йода — 22,7–91,9 мг/л, брома — 244,8–1650,0 мг/л и оксида бора — 270,0–1436,0 мг/л.

Гидрохимическая зона с минерализацией 200–250 мг/л и более 250 г/л с крепкими и весьма крепкими хлоркальциевыми рассолами прослеживается на Кульбешакском, Кандымском, Испанлы-Чандырском, Денгизкульском поднятиях и в Каракульском, Бешкентском прогибах, где содержание йода в пластовых водах верхнеюрского водоносного комплекса варьирует от 10,2 до 65,5 мг/л (месторождения Кульбешак, Хаккуль, Тайлак, Диваллак, Чандыр, Зап. Кокчи, Нишан, Мангит, Илим), достигая значений — 99,9 мг/л (Сев. Уртабулак), брома — от 277,0 мг/л (Тайлак) до 1292,9 мг/л (Хаккуль)

и оксида бора — от 35,0 мг/л (Алан) до 1989,0 мг/л (Сев. Уртабулак).

Наряду с определением содержания в подземных водах традиционных промышленно ценных микрокомпонентов в последние годы лабораторией «Нефтегазовая гидрогеология» ОАО «ИГИРНИГМ» проведено изучение редких и редкоземельных элементов (аналитические определения осуществлены в ЦХЛ Госкомгеологии РУз, Государственной пробирной палате и Республиканском Центре судебной экспертизы на плазменном масс-спектрометре ICP-MS Agilent 7500 и Elan 9000), которое в дальнейшем может представлять практический интерес в комплексной переработке этих рассолов.

В распространении редких элементов, таких как: Li, Rb, Cs, K, Sr, Mo, Ge, Sc, Au и др., в пластовых водах карбонатной формации региона наблюдается общая для всех элементов тенденция повышения их концентрации с гидрохимической зональностью (с повышенной минерализацией и метаморфизацией). В распространении Li, Rb, Sr, Au отмечается увеличение их содержаний в этих водах по мере увеличения минерализации и метаморфизации подземных вод, а Cs, Sr — в приконтурных водах месторождений УВ. Одним из основных факторов, влияющих на распространение редких элементов в пластовых водах, по мнению ряда исследователей [10], являются: литолого-геохимические, структурно-тектонические, термодинамические, гидрогеохимические условия, а также динамика подземных вод.

Содержание лития в пластовых водах карбонатной формации Бухарской ступени (Чукуркуль, Джангуль, Пролетарабад-Ходжикаб, Зап. Сарыча, Зап. Ташлы) в зонах распространения рассолов с минерализацией 50–150 г/л довольно высокое: от 12,0 мг/л до 40,2 мг/л. В пределах Чарджоуской ступени, где минерализация пластовых вод варьируется в пределах 150–250 г/л, содержание лития изменяется в широких пределах: от низких значений на пл. Сев. Чистон (0,375 мг/л) до высоких на месторождениях Гарби, Сев. Сюзма, Узуншор, Сев. Нишан и Сев. Гузар (50,0–75,9 мг/л).

Изучение распространения рубидия в пластовых водах карбонатной формации показало, что с повышением минерализации и метаморфизации подземных вод увеличивается содержание и рубидия. Так, например, в гидрохимической зоне с минерализацией 100–150 г/л, характерной для вод Тузкойского, Рометанского, Каракульского, Бешкентского прогибов и Кульбешкакского и Кандымкого поднятий, обнаружено высокое содержание Rb — в пределах от 1,7 мг/л до 6,9 мг/л. Аномально высокие значения установлены на Денгизкульском и Испанлы-Чандырском поднятиях — от 13,2 мг/л до 42,0

мг/л (месторождения Хауза, Шады, Денгизкуль, Сарыкум), а также в Бешкентском прогибе, где на площади Кенгсай содержание рубидия достигает до 15,97 мг/л.

В пластовых водах с минерализацией менее 50 г/л содержание цезия изменяется от следов до кларковых и даже более высоких значений — 0,12 мг/л. По мере увеличения минерализации пластовых вод и глубины концентрации Cs в водах значительно повышается — до 1,2 мг/л (Кенгсай). Максимальная величина содержания в пластовых водах Cs фиксируется в обрамлениях юго-западного Гиссара 1,62 мг/л (Дехканабад). Несмотря на неоднозначный характер распространения цезия, проявляется зависимость повышенных его концентраций в приконтурных водах месторождений УВ.

Концентрация стронция в пластовых водах карбонатной формации при минерализации менее 50 и 50–100 г/л низкое и составляет от 82,2 мг/л до 272,7 мг/л, кроме месторождений Узуншор и Сев. Нишан (соответственно 604 и 644 мг/л). Высокие значения Sr обнаружены в крепких и весьма крепких рассолах месторождений (мг/л): Алан — 500; Юж. Кульбешкак — 500; Кандым — 603; Ходжи — 788; Уртабулак — 1085; Хаккуль — 1500; Сев. Сюзма — 1500; Ходжиказган — 2053; Парсанкуль — 4009. Зависимость повышенных концентраций в пластовых водах стронция, по мере возрастания минерализации и метаморфизации подземных вод, указывает на проявление определенной тенденции, однако при этом характер изменения концентрации Sr не зависит от продуктивности структур.

В исследуемом водонапорном комплексе содержание молибдена составляет от 0,00009 мг/л до 0,033 мг/л и только в отдельных случаях значительно превышает МПК — от 1,03 мг/л до 3,0 мг/л (Кенгсай и Хамал). Значение германия изменяется от следов до 0,0038 мг/л, кроме месторождения Гарби (0,8 мг/л). В крепких и весьма крепких рассолах Кульбешкакского поднятия (Сев. Сюзма, Хаккуль, Юж. Кульбешкак) установлено ураганное содержание Ge от 1,0 до 4,0 мг/л. В подземных водах нефтяных месторождений Денгизкульского поднятия также отмечается повышенное содержание скандия, представляющее интерес для его извлечения в комплексе с другими элементами. Как показывают проведенные исследования [1, 9], в маточных растворах пластовых вод после извлечения йода концентрации некоторых редких элементов увеличиваются в 10–20 раз.

Присутствие благородного металла (Au) в слабых рассолах с минерализацией 50–150 г/л в основном ниже 0,0001 мг/л, значения, превышающие МПК, фиксируются на месторождениях (мг/л): Шимоллий Дарбоза — 0,004, Шаркий Испанлы — 0,02, Сев. Гузар — 0,017 и

Таблица 2

Площади и месторождения с промышленным содержанием микрокомпонентов, редких и рассеянных элементов в водах верхнеюрской карбонатной формации Бухаро-Хивинского региона	
По микрокомпонентам, (мг/л)	По редким и рассеянным элементам, (мг/л)
Даутепа – J = 91,0; Br = 383,6	С.Сюзьма – Li=50,0; Rb= 4,5; Cs = 1,5; Sr=1500
Кульбешкак, Хаккуль – J = 27,5-15,35; Br = 591,5-1292,9; B2O3 = 337,0-1003,9	Юж.Кульбешкак – Rb= 2,6; Ge=4,0
С.Сюзьма – J=357; Br= 436; B2O3=619,2	Хаккуль – Li = 43,0; Sr = 1500; Ge = 1,0
Ю.Зекры – J=116; Br=1265; B2O3=2440	Кумли – Rb = 2,9; Au = 0,016; W=7,0
С.Уртабулак – J = 99,9; B2O3 = 1989	Денгизкуль – Rb = 42,0
Южный Кемачи – J = 206; Br = 1424	Сев.Уртабулак – Li = 25,5, Rb =2,15, Au =0,01
Хаузак – J = 354; Br = 372; B2O3 = 543,4	Южный Уртабулак – Li = 15; Co = 11,0
Зеварды – J = 77,6; Br =1571; B2O3 =898	Узуншор – Rb = 6,9; Sr = 604
Ташлы – J = 40,0; Br = 2609; B2O3 = 179	Алан – Rb =13; Au= 0,027; Ga =0,5; Mn =100,0
Алан – J=174; Br =1292,9; B2O3 =224,8	Шимолий Культак – Rb = 3,3; Mn = 47,0
Пирназар – J=114; Br = 445,0; B2O3=473	Ш.Акназар – Au = 1,3
Шуртан – J=84; Br =357,8; B2O3 = 1337	Феруза – Rb = 1,7; Au = 0,55
Ходжиказган, Учбурган, С.Денгизкуль, Крук, Умид, Чандыр, Арниез, Кандым, Джарчи, Мангит, Нишан, Илим, Феруза	Парсанкуль – Sr = 4009,0
Янги Каратепа – J = 22,7-91,9;	Янги Каратепа – Li =51; Rb=4; K=1621; Au=3,8
Br = 244,8-1650,0;	Северный Гузар – Li = 75,9; Rb = 3,3
B2O3 = 270,0-1436,0	Хамал – Rb = 6,2; W = 5,5; Mo = 3,0
	Кувачи – Li = 44,5; Cs = 0,73
	Кенгсай – Rb = 15,9; Cs=1,2; K=10000; Mo=3,0
	Дехканабад* – Rb = 1,9; Cs = 0,5; Au = 1,1

* Юго-западный Гиссар

Шимолий Акназар — 1,3. В крепких и весьма крепких рассолах Култакского поднятия и Бешкентского прогиба установлено промышленное содержание золота на месторождениях (мг/л): Алан — 0,027, Мангит — 0,008, Феруза — 0,55, Янги Каратепа — 3,8.

Анализ количественных определений калия в исследуемой подземной воде БХР указывает на высокие значения концентрации калия, который востребован в сельском хозяйстве и химической промышленности. В зонах распространения слабых рассолов таких месторождений, как Кумли, Кандым, Чегаракум, Шим. Дарбоза, Юмай, Зап. Алан, Янги Каратепа установлены промышленные содержания калия — от 178,1 до 1620,6 мг/л, а на площади Кенгсай его концентрации достигают до 10000 мг/л, что превышает МПК в сто раз.

Таким образом, в БХР наиболее перспективными являются подземные воды верхнеюрского водоносного комплекса с преимущественным распространением в нем крепких и весьма крепких рассолов хлор-кальциевого типа. В водах ряда месторождений и площадей данного региона установлены аномально высокие концентрации отдельных микрокомпонентов, редких и рассеянных эле-

ментов, превышающие МПК значения в десятки и даже сотни раз, которые представляют первоочередные объекты для постановки технологических исследований по извлечению полезных компонентов (табл. 2).

В целом, подземные промышленные воды могут обеспечить производство в Узбекистане не только йода и брома, но и многих других элементов, в том числе редких. Их использование в качестве гидроминерального сырья (в том числе и попутных вод) является актуальным, и требуется оценка запасов отдельных микроэлементов в пластовых водах с разработкой технологии их извлечения. Технологический цикл извлечения редких металлов из подземных вод предусматривает попутное извлечение других полезных соединений, имеющих промышленную значимость. При этом использование попутных вод будет способствовать снижению себестоимости добычи единицы основного полезного ископаемого (нефти, конденсата и газа), за счет целого комплекса дополнительной получаемой ценной товарной продукции без существенных затрат на добычу исходного сырья с использованием вод после утилизации для технических целей, на орошение земель, и т.д.

Следовательно, научным и производственным предприятиям нефтегазовой отрасли необходимо предусмотреть дальнейшее расширение круга работ по изучению, комплексной оценке ресурсов промышленных вод и перспектив их использования в народном хозяйстве, выявлению закономерностей распространения и условиям их формирования, разработке технологии извлечения отдельных ценных элементов, улучшению комплексного использования гидроминерального сырья, созданию технологических процессов малоотходного и безотходного производства и другие мероприятия для рационального использования полезных ископаемых и охраны окружающей природной среды.



ЛИТЕРАТУРА

1. **Бакиев С.А.** Промышленные воды Узбекистана и перспективы их использования // Т. ГП «Институт ГИДРОИНГЕО». 2012 г. С. 45-50.
2. **Балашов Л.С., Галицин М.С., Еремочкин Н.В.** Методические рекомендации по геохимической оценке и картированию подземных редкометалльных вод // М. ВСЕИНГЕО. 1977 г.
3. Закон Республики Узбекистан «О недрах» (новая редакция, статья 33) от 21.12.2011 г.
4. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» (статья 58) от 06.05.1993 г.
5. **Иовчев Р.И., Павленко Г.К. и др.** Методические рекомендации по изучению и оценке попутных вод месторождений полезных ископаемых в целях использования в качестве гидроминерального сырья // М. ВСЕИНГЕО. 1985 г. С. 97.
6. **Калабугин Л.А., Бакиев С.А., Калабугин А.Л. и др.** Эксплуатационные запасы попутных промышленных вод разрабатываемого нефтяного месторождения Крук в Бухарской области // Геология и минеральные ресурсы. 2007 г. №6. С. 40-43.
7. **Кудряков В.А.** Нефтегазонакопление в геогидродинамических системах // Т. «Фан». 1985 г. С. 102-105.
8. **Любимов М.М.** Редкие элементы и их география // М. Просвещение. 1977 г. С. 110-115.
9. **Мирходжаев Б.И., Бакиев С.А., Ходжаев Х.С.** Перспектива переработки попутных вод при добыче нефти на нефтяных месторождениях Узбекистана // Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы формирования и внедрения инновационных технологий в условиях глобализации» // Т. ТашГТУ. 2010 г. С. 96-97.
10. **Муминджанов Т.И., Шоймуратов Т.Х., Холмиразов Ш., и др.** Гидрохимическая характеристика и микроэлементный состав пластовых вод верхнеюрских карбонатных отложений БХР // Матер. Респуб. науч.-техн. конф. «Современные методы и технологии в решении гидрогеологических и геоэкологических задач» // Т. ГП «Институт Гидроингео». 2013 г. С. 249-251.
11. **Питьева К.Е.** Гидрохимия (формирование химического состава подземных вод) // М. Изд. МГУ. 1978 г.
12. **Турамурадов И.Б.** Расширение минерально-сырьевой базы - основа динамичного развития экономики Узбекистана // Тез. Респуб. науч.-техн. конф. «Диверсификация сырьевой базы оценки промышленности Республики Узбекистан: критерии поиска и оценки нетрадиционных типов полезных ископаемых» // Т. ГП «НИИМР». 2012. С. 3-4.
13. **Шаниро А.М.** Металлы из подземных вод // Бизнес вестник Востока. 2002 г. №4.