

© Г.В. ТОРОПОВ, В.А. БЕШЕНЦЕВ

gtoropov@me.com, fizgeo@yandex.ru

УДК 556.3

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ПРИРОДНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ УРЕНГОЙСКОГО
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА
(на примере Уренгойского НГКМ)**

АННОТАЦИЯ. Химический состав природных вод в настоящее время нельзя рассматривать как формирующийся только за счет естественных факторов, под которыми понимаются процессы обмена химических веществ между различными природными средами. Разнообразная хозяйственная деятельность человека косвенно или явно оказывает значительное влияние на формирование их химического состава. В настоящей работе описаны основные факторы формирования природных вод и приведена их гидрогеологическая характеристика условий формирования. Авторами рассмотрена взаимосвязь между атмосферным, поверхностными и подземными водами, которые в свою очередь подразделяются на надмерзлотные, подмерзлотные, и межмерзлотные воды. В статье приведен элементный химический состав всех рассматриваемых вод, а также показано изменение химического состава с глубиной. При подготовке работы было обобщено более двух сотен химических анализов проб воды, отобранных непосредственно на территории месторождений Уренгойского нефтегазодобывающего региона. Большинство химических анализов публикуются в литературе впервые.

SUMMARY. Nowadays the chemical composition of natural waters cannot be considered as the result of formation only by natural factors, which are defined as the processes of exchange of chemicals between different natural environments. Implicitly or explicitly diverse human activities have a significant impact on the formation of their chemical composition. This paper describes the main natural water-forming factors and focuses on hydrogeological characteristics of formation conditions. The authors examine the link between atmospheric, surface and ground water, which in their turn are divided into water above permafrost, subpermafrost and interpermafrost water. The paper presents the elemental chemical composition of all the considered water, and shows the change in chemical composition of the water at different depths. The research summarizes the results of two hundred chemical analyzes of water samples selected directly in the oil and gas fields of Urengoy region. Most of the results of the chemical analyzes are published for the first time.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Химический состав, условия формирования, Уренгойское месторождение, подземные воды.

KEY WORDS. Chemical composition, conditions of formation, Urengoy field, ground water.

Ямalo-Ненецкий автономный округ, в который входит Уренгойский нефтегазодобывающий регион, расположен в арктической зоне Западно-Сибирской равнины, причем более половины его расположено за Полярным кругом. Опи-

сываемая территория охватывает низовья Оби с притоками, бассейны рек Надыма, Пура и Таза, полуострова Ямал, Тазовский, Гыданский. Округ является одним из главных нефтегазоносных регионов России. Он обеспечивает до 15% от всех запасов нефти и 91% всей добычи газа России [1]. Освоение и ввод в эксплуатацию нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений неизбежно сопряжено со строительством трубопроводов, линий электропередач, автодорог, объектов производственной и бытовой инфраструктуры, увеличением численности населения округа, развитием городов и поселков. Все эти тенденции, с одной стороны, не могут не радовать, поскольку являются основной для повышения благосостояния не только жителей округа, но и всего государства, с другой же стороны, осваиваемая территория, в том числе Уренгойский нефтегазодобывающий регион, испытывают большие техногенные нагрузки. Происходит разрушение почвенно-растительного покрова, загрязнение почв и грунтов, поверхностных и подземных вод.

В условиях интенсивного развития промышленности округа и ее значимости для экономики страны, задача количественного и качественного водоснабжения населения и предприятий представляется крайне актуальной.

Рациональное использование и охрана природных ресурсов, и в первую очередь, природных вод, становится одной из важнейших проблем современности [2].

Основные факторы формирования химического состава природных вод.

Факторы, определяющие современные условия формирования химического состава природных вод, можно условно разбить на две основные группы [2-3]:

1) Косвенные факторы определяют условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой. К ним можно отнести климат, растительность, рельеф, водный режим, гидрогеологические и гидродинамические условия и др.

2) Прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду, обогащая ее растворимыми соединениями или, наоборот, вызывая образование осадков, состоящих из компонентов, входящих в состав вод. К таким факторам можно отнести литологию вмещающих пород, почвы, живые организмы и деятельность человека.

В природных условиях Уренгойского нефтегазодобывающего региона ведущим фактором является интенсивность водообмена. От нее зависит время взаимодействия в системе вода — порода — газ — органическое вещество [4]. Влияние искусственных факторов на формирование химического состава природных вод определяется большим перечнем источников загрязняющих химических компонентов и требует отдельного рассмотрения.

Поверхностные воды. Отличительной особенностью поверхностных вод является непостоянство их состава по сезонам года. На процесс формирования состава воды поверхностных водоемов влияет множество факторов. Важнейшие из них — атмосферные осадки, попадающие в воду, почвенный покров; биологические процессы, происходящие в водоеме с участием гидробионтов и деятельность человека (регулирование речного стока, ирригация, судоходство, сброс сточных вод и т.д.) [5]. Результатами воздействия перечисленных факторов на состав поверхностных вод служит поступление химических веществ в различных формах (взвешенные, коллоидные, растворенные) в поверхностные водоемы.

Косвенные факторы (такие как климат, рельеф, растительность и водный режим) дифференцируют поступление химических веществ в поверхностные воды как в пространстве (климатическая и географическая зональности), так и во времени (гидрохимический режим).

Поверхностные воды территории Уренгойского месторождения относятся к гидрокарбонатному типу с малой минерализацией (до 200 мг/л), в них выявлено присутствие более половины известных химических элементов. Изменение общей минерализации в течение года незначительно, максимальное ее значение отмечается к концу зимней межени. Основными ионами во все периоды года является HCO_3^- , а также Ca^{2+} и Mg^{2+} (табл. 1). Питание рек района происходит в основном за счет поверхностного стока и частично подземного.

Таблица 1
Химический состав и минерализация поверхностных вод крупных рек региона

Точки отбора проб	Средние значения концентраций, мг/дм ³ , %-экв							Сумма ионов, мг/дм ³
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	
р. Пур — п. Самбург	15,2 24,0	8,2 16,4	3,4 9,6	4,2 20,2	1,8 14,4	4,0 15,4		36,8
р. Таз — п. Сидоровск	60,4 45	1,6 1,4	2,8 3,6	13,2 30,0	4,9 18,2	1,0 1,8		83,9
р. Пур — п. Самбург	42,5 44,2	1,2 1,3	2,5 4,5	9,4 30,1	3,6 19,2	0,2 0,7		59,0

Содержание в поверхностных водах нормируемых тяжелых металлов: Pb, Ni, Mo, Cd, Sr, Cr, Co, Cu, Zn — не превышает ПДК. Единственным микроэлементом, который почти повсеместно присутствует в водах, в концентрациях превышающих ПДК в среднем в 6,5 раз является марганец (Mn), что характерно для Уренгойского нефтегазодобывающего региона. В целом ряде проб обнаружен метанол в количествах, иногда превышающих или равных ПДК.

На начальном этапе освоения Уренгойского НГКМ в поверхностных водоемах и водотоках часто отмечались: в озерах хлоридные, натриево-кальциевые воды, в реках натриево-магниевые. Их минерализация составляла от 350 до 1540 мг/л, содержание хлора находилось в пределах 192-873 мг/л [6-7]; Такой химический состав и минерализация объясняется не регламентированным сбросом сточных вод в больших объемах на рельеф на начальном этапе разработки месторождения.

Подземные воды. Наличие на исследуемой территории мощной и сложно-построенной толщи многолетне мерзлых пород исключило из водообмена значительную часть подземных вод и наложило отпечаток на формирование и существование подземных вод, залегающих над мерзлой толщой, под ней, а также в самой толще. Так, условия формирования, водообильность, динамика подземных вод и другие характеристики зоны активного водообмена почти полностью определяются существующими в его пределах геокриологическими условиями. В этих условиях сформировались сезонно-тальные, надмерзлотные, межмерзлотные, подмерзлотные и воды сквозных таликов [2]. Каждый из этих

типов подземных вод играет определенную экологическую роль в окружающей природной среде Уренгойского нефтегазодобывающего региона.

Рассматривая геологическую историю формирования и развития подземных вод региона, можно утверждать, что основным фактором формирования их низкой минерализации (от пресной до ультрапресной) являются интенсивный водообмен и процессы криогенной метаморфизации подземных вод вследствие многократного промерзания и протаивания эоцен-олигоцен-четвертичного водоносного горизонта [8].

Ведущая роль в формировании состава подземных вод принадлежит процессам концентрирования и рассеяния вещества. Если рассматривать современные факторы формирования подземных вод, то среди них можно выделить климатические, основную часть которых составляют атмосферные осадки.

Известно, что формирование состава природных вод начинается в атмосфере и продолжается в почвах и горных породах до тех пор, пока вода не окажется в области разгрузки и не покинет горные породы. Соответственно атмосферные воды являются первой стадией их формирования.

Атмосферные воды наименее изучены в химическом отношении и отличаются крайней изменчивостью своего состава во времени и пространстве. Ввиду такого непостоянства принято оперировать средними годовыми значениями того или иного компонента в осадках, указывая его экстремальные значения.

Минерализация атмосферных вод, как правило, ниже минерализации поверхностных и подземных вод и составляет около 10-20 мг/дм³.

Существует еще одно существенное отличие их от поверхностных и подземных вод, это характер преобладающих ионов и содержание органического вещества. Атмосферные осадки обогащены ионами SO₄²⁻ и немного чище, чем другие воды. Большой удельный вес в атмосферных осадках имеют компоненты биогенного происхождения, NH₄⁻ и NO₃⁻, концентрация которых иногда достигает 20-25% от общего количества компонентов.

В табл. 2 представлены результаты анализов атмосферных вод, отобранных автором на территории Уренгойского месторождения.

Надмерзлотные воды являются буферным горизонтом, между поверхностными и подземными межмерзлотными водами, имеют повсеместное распространение и часто играют определяющую роль в формировании химического состава вод зоны активного водообмена. По химическому составу надмерзлотные воды сезонно-талого слоя и несквозных таликов гидрокарбонатные кальциевые, магниевые, гидрокарбонатные натриевые с минерализацией 0,06-0,12 г/л. Химический состав надмерзлотных вод формируется в результате смешения атмосферных осадков, подземных льдов (после оттаивания), поровых растворов и их криогенной метаморфизации [9-10].

Процесс криогенеза оказывает непосредственное влияние на химический состав и минерализацию надмерзлотных вод: происходит перераспределение солей между промерзающими породами, содержащими воду и образующимся льдом (при достижении предела насыщения из раствора выпадают карбонат кальция, карбонат магния, из соленых вод выпадают сульфаты кальция и натрия). При последующем оттаивании воды минерализация снижается по сравнению с той, что была до заморозки, т.к. не все хорошо растворимые и подвижные соединения переходят обратно в раствор.

Таблица 2

Химический состав атмосферных осадков

Вид осадков		Дождевые воды	Снег	Усредненный по ЯНАО
Средние значения концентраций, мг/л	HCO ₃ ⁻	6,1	5,3	12,2
	SO ₄ ²⁻	н/об	2,7	1,7
	Cl ⁻	8,0	1,1	1,8
	NO ₃ ⁻	н/опр	0,9	2,0
	Ca ²⁺	0,5	1,2	3,7
	Mg ²⁺	0,3	0,6	0,4
	Na ⁺	8,7	0,2	1,0
	K ⁺		0,3	0,3
	NH ₄ ⁺	н/опр	0,6	0,1
M, г/л		20,9	11,2	17,8
pH		5,8	5,3	5,7

Вымораживание соленых внутримерзлотных вод, которые локально встречаются в северной части месторождения обуславливает появление переохлажденных соленых вод — криопэгов.

Сток надмерзлотных вод происходит в соответствии с уклонами земной поверхности во время их существования в талом состоянии. Режим и динамика их в большей степени определяется рельефом и выпадающими атмосферными осадками.

Межмерзлотные воды. Основным источником водоснабжения (практически единственным) в Уренгойском нефтегазодобывающем регионе являются межмерзлотные воды, они сообщаются с надмерзлотными через «таликовые окна», а существование внутримерзлотного водоносного горизонта в основном определяется геокриологическими условиями.

Основными факторами, определяющими ионно-солевой и газовый состав подземных межмерзлотных вод, является разложение растений, жизнедеятельность микроорганизмов и в меньшей степени выщелачивание горных пород [8].

Питание горизонта происходит в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках таликовых зон, где отсутствует первый слой многолетнемерзлых пород, инфильтрации вод из непромерзающих рек, а также за счет вод подзерных и подрусловых таликов. Разгрузка водоносного горизонта происходит в речную сеть. Основной областью разгрузки является долина р. Пур и ее крупных притоков: рр. Ево-Яха, Пякупур, Табъяха, Хадуттэ.

При изучении химического состава подземных вод межмерзлотного водоносного горизонта были использованы данные химических анализов вод при первичном опробовании гидрогеологических скважин, а также анализы проб воды, отобранных в процессе эксплуатации водозаборов в различные годы (табл. 3, 4).

Таблица 3

Химический состав подземных вод межмерзлотных горизонтов УНГКМ при первичном опробовании

Район УКПГ	Даты отбора, годы	Значения показателей, от-до/среднее (кол-во проб)						Содержание, мг/дм ³
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	
1AC	1983-1984	14.7 3.4(4)	-	23.71 44(3)	1.2-2.0 1.5(3)	3.0-10.0 5.2(3)	1.0-5.2 3.1	2.2-6.0 4.1(3)
1	1976-1977	2.0-9.0 3.9(11)	-	9.0-49.0 25(10)	0.1-1.2 0.7(8)	1.0-13.0 3(8)	1.0-4.0 2.3(12)	1.0-6.0 3.7(12)
2	1977-1978	2.0-14.0 5.5	-	13.0-98 44(6)	0.6-1.5 0.9(3)	1.0-16.0 5.5(5)	1.0-9.0 4.4(5)	6.0-14.0 7.1(5)
2B	1982-1986	0.7-3 2.0(7)	до 6 1(6)	12-17.0 47(7)	до 1.1 0.47(7)	1.0-8.7 3.8(7)	1.0-4.9 28(7)	2.0-5.4 3.7(7)
3	1978	2.0-3.0 2.9(7)	19.51 17(5)	12.0-61.0 24(7)	0.5-0.7 0.6(3)	-	1.0-5.0 2.5(6)	2.0-34.0 9.7(6)
3	1984	2	-	24	0.8	1	4	2
4	1979-1981	2.0-3.0 2.3(11)	3.0-17.0 4.9(9)	12.0-49.0 27(11)	0.5-0.8 0.7(7)	1.0-3.0 1.6(11)	1.0-24 4.6(11)	1.0-10.0 45(11)
5	1979-1981	2.0-7.0 3.3(12)	3.0-6.0 0.92(8)	12.0-37.0 33(12)	0.5-0.1 0.8(9)	1.0-9.0 2.2(12)	1.0-5.0 2.7(12)	2.0-6.0 5(12)
6	1980-1981	1.0-4.0 2.6(10)	3.0-17 4.6(9)	12.0-17.0 19.9(10)	0.5-1.2 0.7(10)	1.0-2.0 1.2(10)	1.0-4.0 1.5(10)	2.0-4.0 3.0(10)
7	1981-1982	1.0-8.0 3.3(16)	3.0-16 5.9(16)	6.0-61.0 23(16)	0.4-1.1 0.9(15)	0.5-6.0 2.5(16)	1.0-4.0 1.7(17)	1.0-8.0 3.7(17)
8	1981-1983	2.0-8.0 3.9(13)	3.0-20 4.8(10)	6.0-122 47(13)	0.3-1.0 1.04(9)	1.0-19.0 5.18(13)	1.0-7.0 3.4(14)	2.0-8.0 4.4(13)
9	1982-1983	2.0-8.0 4(14)	8.6-19 2.3(13)	12.0-366 106(13)	2.0-3.0 2.2(8)	2.0-47.0 22.4	0.6-23.0 5.4(14)	20-68 8.9(14)
10	1983-1984	2.2-6.0 7.9(9)	6.6-16.0 4.2(9)	3.0-122 67(9)	2.0-4.0 3.1(7)	9.0-39 14.0(8)	1.0-10.0 5.4(9)	2.8-12.0 7.6(9)

Окончание табл. 3

Район УКПГ	Даты отбора, годы	рН	Минерализация, мг/дм ³	Значения показателей, от-до/среднее (кол-во проб)				Окисляющая способность мг О ₂ /л	
				Содержание, мг/дм ³					
				Fe _{общ}	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂		
IAC	1983-1984	6.4-7.4 6.8(4)	36.97 61(4)	0.7-1.0 0.8(3)	н/оп	н/оп	н/оп	2.1-3.5 2.8(2)	
1	1976-1977	5.8-7.5 6.9(9)	21-80 43(5)	19-7.9 4.9(2)	0.2-0.4 0.1(8)	-	-	2.6-2.9 2.8(2)	
2	1977-1978	6.4-7.9 6.9(6)	56-149 78(5)	16-3.6 2.6(2) 0.6(3)	0.5-0.7 0.6(4)	до 0.02 0.05(4)	до 0.02 0.5(4)	2.0-8.2 4.4(5)	
2B	1982-1986	3.9-7.0 5.8(7)	26-77 55(6)	0.25-8.8 3.6(6)	н/оп	н/оп	н/оп	0.75	
3	1978	5.3-6.7 6.0(6)	25-121 52(5)	н/оп	-	до 0.01 0.003	до 0.01 1.2		
3	1984	6.15	34	0.74				1.36	
4	1979-1981	4.8-7.1 6.3(11)	20-71 49(6)	0.4-6.1 4.0(3)	до 1.0 0.5(4)	до 1.0 1.8(6)	-	1.2-3.2 2.2(8)	
5	1979-1981	5.3-7.4 6.5(12)	18.5-59 43(5)	0.6-6.4 3.3(3)	0.2-0.4 0.08(5)	-	до 1.0 0.16(6)	1.4-3.4 2.8(9)	
6	1980-1981	5.4-6.3 5.9(10)	19.5-54 33(7)	1.7	0.7 0.5(3)	-	-	2.2-3.6 2.7(3)	
7	1981-1982	4.0-7.6 6.4(17)	21-85 41(15)	0.15-2.4 1.0(8)	0.2-4.7 0.7(8)	-	-	0.9-3.5 2.2(11)	
8	1981-1983	4.0-7.7 6.5(11)	19-134 65(10)	0.2-1.6 0.6(7)	до 0.7 0.4(6)	-	-	0.9-5.3 2.7(8)	
9	1982-1983	5.9-7.6 7(14)	30-224 149(12)	0.4-7.3 2.4(11)	0.4-1.4 0.5(11)	до 0.3 0.04(7)	0.003-14 0.5(8)	3.3-16.0 7.6(11)	
10	1983-1984	5.1-7.6 6.7(9)	88-230 143(7)	0.3-0.9 0.4(7)	0.5-1.0 0.5(7)	до 1.0 2.5(4)	до 0.03 0.01(3)	3.2-6.9 5.4(6)	

Примечание: CO₃²⁻ — не обнаружено.

Таблица 4
**Химический состав подземных вод межмерзлотных горизонтов Уренгойского месторождения на современном этапе
(2001-2005 гг.)**

Место отбора	рН	Минерализация, мг/дм ³	Содержание основных компонентов: мг/дм ³									
			Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₂	K	Na	Mg	Ca	NH ₄
УКПГ-1	7,16	25,11	2,13	Н/06	5,49	Н/06	0,60	0,80	1,09	1,00	1,20	Н/06
УКПГ-1	6,00	21,56	1,77	Н/06	6,10	Н/06	0,60	0,80	1,09	1,00	1,20	Н/06
УКПГ-1	6,70	111,30	1,42	Н/06	36,00	Н/06	1,00	4,50	2,07	5,41	0,40	
УКПГ-2	6,90	86,35	1,42	Н/06	19,53	Н/06	0,70	3,50	2,19	3,81	0,40	
УКПГ-2	6,60	101,19	1,42	Н/06	33,56	Н/06	0,90	3,90	2,80	5,21	0,40	
УКПГ-2	7,03	64,82	1,77	Н/06	27,46	Н/06	0,60	2,90	2,68	4,41	Н/06	
УКПГ-3	6,35	30,18	1,42	Н/06	6,71	Н/06	0,40	1,40	1,95	1,20	Н/06	
УКПГ-3	5,80	27,21	1,42	Н/06	4,88	Н/06	0,40	1,40	2,31	1,00	Н/06	
УКПГ-3	6,03	28,05	1,77	Н/06	5,49	Н/06	0,30	1,10	1,09	2,20	Н/06	
УКПГ-4	6,15	41,83	1,42	Н/06	9,76	Н/06	0,40	1,40	0,24	3,01	Н/06	
УКПГ-4	6,53	59,40	1,42	Н/06	18,31	Н/06	0,65	1,90	1,22	2,00	0,20	
УКПГ-5	6,25	39,52	1,42	Н/06	7,93	Н/06	0,50	1,40	2,07	1,00	Н/06	
УКПГ-6	6,90	60,72	1,77	Н/06	19,53	Н/06	0,95	4,05	2,31	2,81	0,40	
УКПГ-6	7,15	61,65	1,77	Н/06	20,75	Н/06	0,95	3,80	2,07	3,01	0,50	
УКПГ-7	6,31	41,94	1,42	Н/06	4,25	Н/06	0,65	2,90	1,82	2,20	0,40	
УКПГ-7	5,10	43,37	1,42	Н/06	6,10	Н/06	0,50	1,90	1,58	1,80	0,30	
УКПГ-7	6,74	49,70	1,77	Н/06	12,81	Н/06	0,50	2,90	2,31	3,41	Н/06	
УКПГ-8	7,72	161,87	1,42	Н/06	89,70	Н/06	2,40	18,25	6,08	9,42	1,50	
УКПГ-8	7,35	106,00	1,42	Н/06	51,87	Н/06	1,50	5,60	5,59	10,02	Н/06	
УКПГ-9	6,72	16,02	2,13	Н/06	3,05	Н/06	0,25	1,15	1,34	0,80	Н/06	
УКПГ-9	6,25	17,82	1,42	Н/06	4,88	Н/06	с.л.	0,70	0,12	1,40	Н/06	

Подмерзлотные воды. К ним относятся подземные воды верхнетибейсалинской подсвиты, которые на исследуемой территории были опробованы одной скважиной.

Вскрытый верхнепалеоценовый водоносный горизонт песчаных отложений тибейсалинской свиты был опробован в интервале 338-351 м. Вода хлоридная натриевая с минерализацией 3,05 г/л. Дебиты очень низкие около 1 м³/час при понижении уровня 172 м.

Заключение. Таким образом, при формировании химического состава пресных природных вод четко прослеживается последовательность его изменения от атмосферных осадков до поверхностных и подземных вод.

За счет последних оледенений происходило формирование многолетней мерзлоты, протекание криогенного вымораживания и процессов криогенной метаморфизации, что позволило сформировать ультрапресные водоносные горизонты.

Влияние мерзлотно-гидрологических и палеогеографических факторов на формирование и размещение пресных подземных вод криолитозоны в настоящее время находит свое отражение в условиях эксплуатации водозаборов региона. При этом немаловажную роль оказывает техногенный метаморфизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коржубаев А., Соколова И. Газовая промышленность России: международные позиции, организационная и региональная структура // Бурение и нефть. 2011. № 10
2. Бешенцев В.А., Иванов Ю.К., Бешенцева О.Г. Экология подземных вод Ямало-Ненецкого автономного округа. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2005. 165 с.
3. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрохимия: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1993. 384 с.
4. Шварцев С.Л. Фундаментальные механизмы взаимодействия в системе вода-горная порода и ее внутренняя геологическая эволюция // Литосфера. 2008. № 6. С. 3-24.
5. Шварцев С.Л. Основы гидрологической гидрологии. Гидрологическая деятельность и история воды в земных недрах. Новосибирск: Наука, 1982. 236 с.
6. Кравцов Ю.В. Изучение эколого-геохимического состояния подземных и поверхностных вод Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень, 2002. 24 с.
7. Трофимов А.В., Галиуллин В.М. Формирование химического состава вод Центрального Ямала в связи с водоснабжением предприятий газовой промышленности, 1989
8. Бешенцев В.А., Торопов Г.В. Мерзлота — одна из основных факторов формирования химического состава ультрапресных подземных вод севера Западно-Сибирской равнины (на примере ЯНАО) // Горные ведомости. 2012. № 10. С. 28-36.
9. Анисимова Н.П. Криогидрохимические особенности мерзлой зоны. Новосибирск: Наука, 1982. 151 с.
10. Тютюнова Ф.И. Физико-химические процессы в подземных водах. М.: Наука, 1987

REFERENCES

1. Korzhubaev, A., Sokolova, I. Gas industry in Russia: international positions, corporate and regional structure. *Burenie i neft' — Drilling and Oil*. 2011. No. 10 (in Russian)
2. Beshenцев, V.A., Ivanov, Ju.K., Beshenцева, O.G. *Jekologija podzemnyh vod Jamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga* [Groundwater ecology in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. Yekaterinburg: Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. 165 p. (in Russian).

3. Kirjuhin, V.A., Korotkov, A.I., Shvarcev, S.L. *Gidrohimija* [Hydrochemistry]. Moscow: Nedra, 1993. 384 p. (in Russian).
4. Shvarcev, S.L. Fundamental interaction mechanisms in the water-rock system and its internal geological evolution. *Litosfera — Lithosphere*. 2008. No. 6. Pp. 3-24 (in Russian).
5. Shvarcev, S.L. *Osnovy gidrogeologii. Gidrogeologicheskaja dejatel'nost' i istorija vody v zemnyh nedrah* [Fundamentals of hydrogeology. Hydrogeological activity and the history of water in the earth's interior]. Novosibirsk: Nauka, 1982. 236 p. (in Russian).
6. Kravcov, Ju.V. *Izuchenie jekologo-geohimicheskogo sostojaniya podzemnyh i poverhnostnyh vod Urengojskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdenija* (Avtoref. diss. kand.) [The study of ecogegeochemical condition of ground and surface water in Urengoy oil and gas condensate field (Cand. Diss. abstract)]. Tyumen, 2002, 24 p. (in Russian).
7. Trofimov, A.V., Galiulin V.M. *Formirovanie himicheskogo sostava vod Central'nogo Jamala v svyazi s vodosnabzheniem predpriyatiij gazovoj promyshlennosti* [Formation of chemical composition of water in Central Yamal in connection with water supply of gas plants]. 1989 (in Russian).
8. Beshenцев, V.A., Toropov G.V. Permafrost as a major factor of chemical composition formation of sweet groundwater in the north of the West Siberian Plain (as exemplified by Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). *Gornye vedomosti — Gorniye Vedomosti*. 2012. No. 10. Pp. 28-36 (in Russian).
9. Anisimova, N.P. *Kriogidrohimicheskie osobennosti merzloj zony* [Cryohydrochemical characteristics of frozen zone]. Novosibirsk: Nauka, 1982. 151 p. (in Russian).
10. Tjutjunova, F.I. *Fiziko-himicheskie processy v podzemnyh vodah* [Physicochemical processes in groundwater]. Moscow: Nauka, 1987 (in Russian)