



ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 553.73(470.67)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ СЕВЕРНОГО ДАГЕСТАНА

© 2012 Т.О.Абдулмуталимова¹, Б.А.Ревич²

¹ ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина Минздрава и Соцразвития России

² Центр демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

В данной статье исследуются особенности химического состава подземных вод Северного Дагестана, используемых населением в качестве питьевой воды. В частности, рассмотрены вопросы мышьяковистого загрязнения.

In this article we studied the chemical particularities of ground water of the North Daghestan, using by population as drinking water. In particular we examined the problem of arsenic pollution.

Ключевые слова: подземные воды, питьевые воды, мышьяковистое загрязнение, Северный Дагестан.

Keywords: groundwater, drinking water, arsenic pollution, North Daghestan.

Во многих странах подземные воды являются одним из основных резервуаров пресных вод, используемых населением в хозяйственно-питьевых целях. Связано это не только с отсутствием в тех или иных странах достаточного количества вод поверхностных источников, но также и с тем, что воды подземных источников по содержанию макро- и микрокомпонентного состава соответствуют стандартам (нормативным требованиям) и, как правило, более стабильны и безопасны по микробиологическим и токсикологическим показателям.

По глубине залегания и расположению по отношению к земным слоям все подземные воды делятся на верхнюю, среднюю и нижнюю зоны. Воды верхней зоны до 1500 м в основном используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения [1].

С увеличением глубины и замедлением водообмена происходит возрастание минерализации подземных вод. Одновременно с ростом общей минерализации подземных вод по разрезу изменяется и их химический состав.

На формирование химического состава подземных вод влияют: характер и интенсивность процессов взаимодействия вод с породами (выщелачивание пород, окислительно-восстановительные реакции, реакции катионного обмена и др.); состав первоначальной воды в бассейне осадконакопления; степень промытости пород инфильтрационными водами; интенсивность смешения и взаимного вытеснения вод разного происхождения и состава, а также ряд других процессов. Влияют также такие факторы, как наличие раскрытых структур, где водоносные горизонты имеют выходы на поверхность в областях питания и разгрузки, большая мощность и высокая проницаемость водоносных пород, а также восходящие тектонические движения [2]. Однако, использование подземных вод для хозяйственно-питьевого снабжения, часто представляется опасным в связи с наличием в водах повышенных концентраций таких элементов как йод, бром, бор, мышьяк, кадмий, медь, олово и т.д., превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК).

Одной из серьезных проблем при использовании природных подземных вод для хозяйственно-питьевого снабжения, является проблема мышьяковистого загрязнения подземных вод. Эта проблема характерна примерно для 20 стран, среди которых Бангладеш, Чили, Тайвань, северо-западные районы США, где население в ряде мест потребляет загрязненную мышьяком воду в течение длительного времени.

Поступление мышьяка в подземные воды в различных регионах связано с разными механизмами. Например, в Бангладеше в качестве источника естественного мышьяковистого загрязнения подземных вод рассматривается «взаимодействие этих вод с пиритсодержащими породами и выхода при этом кислорода» [3].

В США для ряда штатов характерно значительное превышение ПДК по мышьяку в питьевых водах, в связи с чем в стране проводятся постоянные масштабные исследования определения мышьяка в



подземных водах с практическими данными по десяткам тысяч точек. В качестве причины поступления мышьяка в подземные воды рассматривается комплекс условий: особенности геохимических условий, наличие ионов мышьяка, образующих растворимые комплексы с металлами в составе горных пород и антропогенные факторы [4].

На территории России к регионам с содержанием мышьяка в подземных водах относятся территории Забайкальского, Пермского, Ставропольского, Хабаровского края, Республики Тува, Магаданской и Пензенской областей, а также Республики Дагестан [5].

В России подземные воды (артезианские воды) с повышенным содержанием мышьяка для питьевого водоснабжения длительно используется населением, проживающим на территории Терско-Кумского артезианского бассейна, который охватывает северную и центральную части Республики Дагестан [6]. Проблема мышьяковистого загрязнения является крайне актуальной для данной территории, так как артезианские воды здесь являются основным и зачастую единственным источником питьевого водоснабжения.

Гидрогеологические условия Терско-Кумского артезианского бассейна определяются тем, что он представляет собой в тектоническом отношении Терско-Каспийскую прогиб, сложенную осадочными породами громадной мощности, ось которой погружается с севера-запада на юго-восток. Бассейн сложен преимущественно водоносными ярусами плиоцена и плейстоцена. Наиболее водообильными и пригодными для водоснабжения являются акчагыльские, апшеронские и новокаспийские отложения [7].

В артезианских бассейнах наблюдается изменение состава подземных вод и повышение минерализации от областей питания к областям разгрузки. Так, в районе Северного Дагестана на территории артезианского бассейна можно проследить выраженную зональность: в северо-восточном направлении от областей питания сульфатные кальциевые, натриевые воды замещаются типичными гидрокарбонатно-натриевыми водами, которые по мере приближения к долине р.Кумы и к прибрежной полосе Каспия довольно резко переходят в хлоридно-натриевые воды. В том же направлении увеличивается общая минерализация вод от 0,4 до 2-3 г/л, оставаясь на подавляющей части территории менее 1 г/л [2, 7].

Особенности геологического строения данной территории способствуют формированию аномалий по содержанию повышенных/пониженных концентраций некоторых химических веществ [7], в том числе и мышьяка. Мнения специалистов о генезисе мышьяка в подземных водах неоднозначны. Существует гипотеза о том [8], что мышьяк, как и тяжелые металлы (медь, цинк, кадмий, свинец, никель, хром и ртуть) преимущественно попадает в источники водоснабжения (поверхностные водоемы, грунтовые и более глубокозалегающие пластовые воды) со стоками промышленных вод и с промышленными выбросами в атмосферу. Связывают, это со способностью мышьяка к миграции, с одной стороны, вследствие достаточно высокой растворимости его неорганических соединений в воде, с другой, – возможностью биометилирования солей мышьяка с образованием летучих органических соединений, переносимых с воздушными массами.

Ряд исследователей предполагают, что вследствие значительной подвижности солей элемента при высоких температурах, мышьяк мигрирует в составе ювенильных вод к поверхности земли из магматических очагов [9].

Мышьяковистое загрязнение подземных вод так же может быть обусловлено разрушением многочисленных мышьяковистых минералов и рудопроявлений (реальгар, аурипигмент и др.) в областях сноса Главного Кавказского хребта в период осадконакопления и переносом с последующим отложением их в осадочной толще артезианского бассейна [10].

Антропогенные воздействия, приводящие к понижению уровня грунтовых вод и проникновению кислорода воздуха в водоносные горизонты, также может приводить к последующему окислению подстилающих пород и поступлению мышьяка в подземные воды [10].

По основным показателям подземные воды Северного Дагестана, используемые для хозяйственно-питьевых нужд, соответствуют требованиям, регламентируемым стандартом и санитарными правилами. Однако, содержание в них мышьяка превышает ПДК по ГОСТ и ВОЗ (табл. 1).

По классификации МАИР мышьяк относится к группе I (агенты, являющиеся канцерогенами для человека), можно предположить, что длительное потребление загрязненной воды может привести к интоксикации организма и, как следствие, к тяжелым последствиям здоровью населения данной территории. Многолетние эпидемиологические исследования зарубежных авторов свидетельствуют о том, что длительная экспозиция мышьяка из подземных вод способствует повышению рисков возникновения рака крови, легких, кожи, почек и печени [11]; диабета [12]; сердечно-сосудистых заболеваний [13]; неблагоприятных исходов беременности [14]. Было установлено, что даже следовые количества мышья-



яка в воде вызывают тяжелые хронические отравления с серьезными последствиями, в связи, с чем Всемирная Организация Здравоохранения в 2006 году, снизила ПДК (As) с 0,05 мг/л до 0,01 мг/л.

В России согласно нормативным документа (ГОСТ 2874-82, СанПин 2.1.4.1074-01) для мышьяка в питьевых водах установлен ПДК 0,05 мг/л, то есть пока сохранился старый уровень.

Для наших экспериментальных исследований в качестве объекта исследования нами были выбраны воды из артезианских скважин, расположенных в крупных населенных пунктах Северного Дагестана (Ногайский, Тарумовский, Кизлярский, Бабаюртовский районы), население которых вынуждено для хозяйственно-питьевого пользования использовать подземные воды.

В 2011 гг. нами было отобрано 45 проб в 39 населенных пунктах Северного Дагестана (включая города Кизляр и Южно-Сухокумск). Население данной территории составляет более 350 тыс. человек и подвергается длительной экспозиции мышьяком, что может являться одним из факторов риска по многим заболеваниям.

Пробы отбирались из источников непосредственного водопотребления. Отбор проб проводился в пластиковые емкости, объемом 0,33 л с последующей консервацией воды концентрированной азотной кислотой (0,5 мл). Анализ проводился в лаборатории физико-химических исследований Института проблем геотермии ДНЦ РАН на атомно-абсорбционном спектрофотометре с гидридной приставкой по методике, рекомендованной международным стандартом ИСО – 5666/1. Мышьяк из водной среды восстановлением переводился в летучую форму (гидрид мышьяка), атомизировался в кварцевой кювете и анализировался атомно-абсорбционным методом, измерением оптической плотности атомного пара на резонансной спектральной линии поглощения определяемого элемента. Указанный метод позволяет определять низкие концентрации исследуемого элемента в воде, благодаря высокой чувствительности. Пределы обнаружения мышьяка в исследуемом образце – 0,5-0,1 мкг/л.

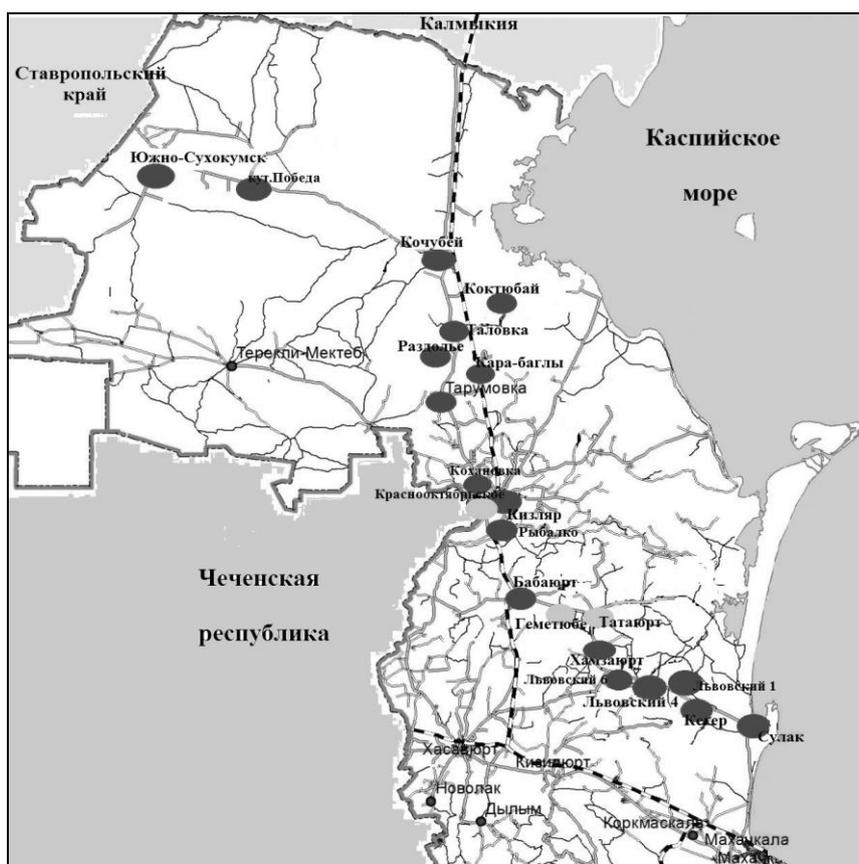


Рис. 1. Места отбора проб вод из артезианских скважин в населенных пунктах Северного Дагестана

На рис. 1 указаны населенные пункты, в которых проводился отбор проб воды из артезианских скважин. В крупных населенных пунктах (с несколькими скважинами) пробы отобраны из всех скважин. В гг. Южно-Сухокумск и Кизляр пробы отобраны как непосредственно из артезианских скважин



(пробы 1, 3, 4), так и из сборной водонапорной башни (проба 2), куда поступала вода из 4 артезианских скважин.

Серым цветом отображены населенные пункты, в артезианских водах которых содержание мышьяка не превышает нормативные требования по ГОСТ. Красным цветом, соответственно, отображены населенные пункты с повышенным содержанием в артезианских водах мышьяка по ГОСТ. Превышение концентраций мышьяка в артезианских водах по нормативным требованиям ВОЗ отмечено во всех обследованных населенных пунктах.

Таблица 1

Содержание мышьяка в подземных водах, используемых для питьевого и хозяйственного водоснабжения в населенных пунктах Северного Дагестана

	Населенный пункт	Содержание мышьяка, мг/л	Превышение ПДК	
			по ГОСТ	по ВОЗ
1	п. Львовский-1 (1)	0,01	–	–
2	с. Татаюрт	0,03	–	3
3	с. Геметобе	0,03	–	3
4	с. Краснооктябрьское	0,03	–	3
5	г. Кизляр (1)	0,04	–	4
6	с. Тарумовка (1)	0,05	–	5
7	с. Тарумовка (2)	0,06	1,2	6
8	с. Тарумовка (3)	0,06	1,2	6
9	г. Кизляр (2)	0,06	1,2	6
10	с. Карабаглы	0,07	1,4	7
11	с. Таловка	0,07	1,4	7
12	с. Кочубей (1)	0,07	1,4	7
13	Кутан «Победа»	0,07	1,4	7
14	с. Тарумовка (4)	0,07	1,4	7
15	с. Кохановка	0,08	1,6	8
16	с. Кочубей (2)	0,08	1,6	8
17	г. Южно-Сухокумск (1)	0,08	1,6	8
18	с. Тарумовка (5)	0,08	1,6	8
19	с. Тарумовка (6)	0,08	1,6	8
20	с. Тарумовка (7)	0,08	1,6	8
21	г. Кизляр (3)	0,09	1,8	9
22	г. Кизляр (4)	0,09	1,8	9
23	г. Южно-Сухокумск (2)	0,09	1,8	9
24	с. Кочубей (3)	0,09	1,8	9
25	с. Раздолье	0,09	1,8	9
26	пос. Сулак	0,10	2,0	10
27	пос. Львовский-4	0,10	2,0	10
28	г. Южно-Сухокумск (3)	0,11	2,2	11
29	г. Южно-Сухокумск (4)	0,11	2,2	11
30	г. Южно-Сухокумск (5)	0,11	2,2	11
31	с. Бабаюрт	0,11	2,2	11
32	с. Рыбалко	0,12	2,4	12
33	с. Хамзаюрт	0,14	2,8	14
34	пос. Львовский-1 (2)	0,16	3,2	16
35	свх. Кегер	0,17	3,4	17
36	пос. Львовский-6	0,18	3,6	18
37	с. Коктубай	0,20	4	20
38	с. Кочубей (4)	0,23	4,6	23

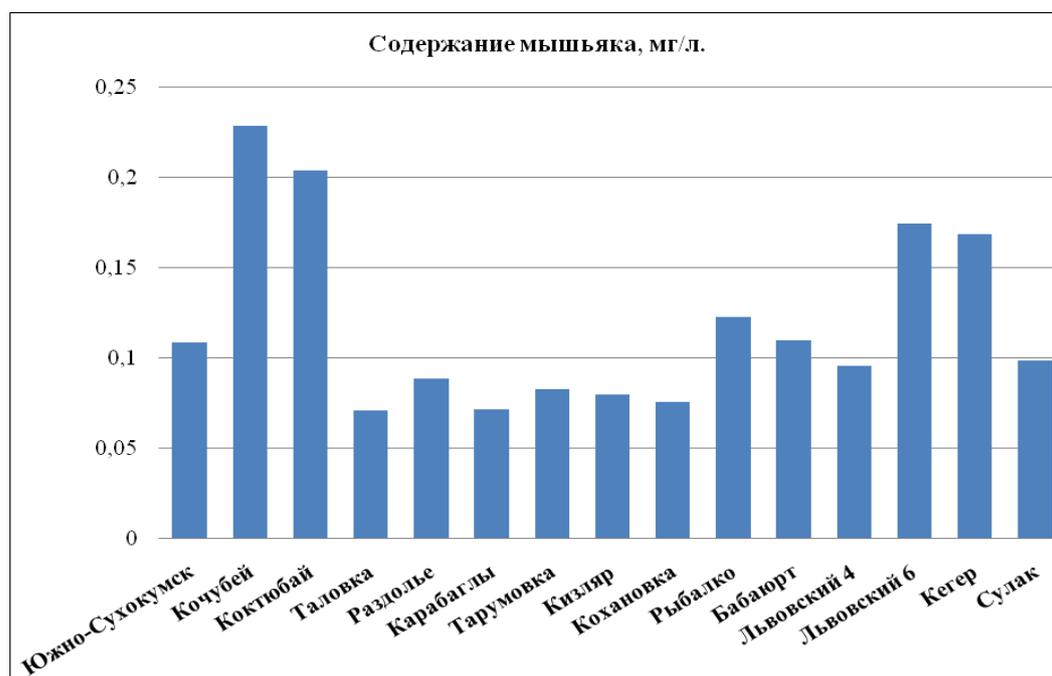


Рис. 2. Населенные пункты с содержанием мышьяка в питьевых водах, превышающем норматив ГОСТ (0,05 мг/л)

Полученные результаты представлены в таблице № 1. Установлено превышение концентрации мышьяка относительно допустимого содержания, указанного в нормативных документах ВОЗ (0,01 мг/л) и ГОСТ (0,05 мг/л). В г.Ю.-Сухокумске концентрация мышьяка в артезианских водах превысила допустимые значения ПДК по ВОЗ в 10 раз, по ГОСТ – в 2 раза. В образцах воды г. Кизляр среднее значение концентрации мышьяка составило 0,07 мг/л, что превышает ПДК по ВОЗ в 7 раз, а ПДК по ГОСТ – в 1,4 раза. В с.Кочубей в пробах воды №1,3,4, отобранных из артезианских скважин концентрация мышьяка превышала ПДК по ВОЗ в 8 раз, по ГОСТ Р – в 1,6 раз. В пробе воды № 2 установлена аномально высокая концентрация мышьяка 0,23 мг/л. Также аномально высокие концентрации мышьяка установлены в пробах вод, отобранных в с.Коктюбай – 0,2 мг/л, с.Хамзаурт – 0,14 мг/л, пос.Львовский – до 0,18 мг/л, свх. Кегер – 0,17 мг/л (Табл. 1, Рис. 2).

Сопоставление результатов исследований артезианских вод, используемых в Северном Дагестане для хозяйственно-питьевого водоснабжения, проведенных ранее в Институте геологии ДНЦ РАН и результаты наших исследований показывают, что сохраняется постоянный химический состав артезианских вод, содержание мышьяка превышает предельно допустимые концентрации по ВОЗ в среднем в 10,0 – 20,0 раз, по ГОСТ – в среднем в 1,8-2,0 раз.

Таким образом, все обследованные пункты характеризуются превышением содержания мышьяка по нормативам ВОЗ в подземных водах (по нормативам ГОСТ превышения в 70% пунктов). Соответственно, для изученной части Терско-Кумского артезианского бассейна установлено сплошное мышьяковистое загрязнение, на фоне которого выявлены участки с превышением ПДК в десятки раз.

В виду отсутствия в настоящее время альтернативы артезианским водам, как источнику водоснабжения в Северном Дагестане, необходимо проведение детальных и системных исследований артезианских вод региона:

1. Контроль за изменением химического состава, определения органических и минеральных форм нахождения токсических компонентов, в том числе мышьяка.
2. Оценка отрицательного воздействия артезианских вод с повышенным содержанием мышьяка на организм человека при длительных экспозициях.
3. Изучение и оценка возможных методов снижения концентраций мышьяка для применения их в подготовке питьевой воды перед подачей ее населению.



Библиографический список

1. Гигиена / Под общей ред. акад. РАМН Г.И. Румянцева. М., 2005. 127с.
2. Курбанов М.К., Арсланбекова З.А. и др. Гидрогеологические условия нефтеносности мезо-кайнозойских отложений Дагестана. Раздел II. Подземные воды плиоценовых и четвертичных отложений Северо-Дагестанской равнины. Предварительный отчет за 1961 г. Махачкала, 1962. (фонды ИГ ДНЦ РАН).
3. Саумитра Нараян Деб. Научно-методологические основы геоэкологической модели устойчивого развития Республики Бангладеш: Автореф. дис. док. тех. наук. М., 2005.
4. Ayotte J.D., Szabo Z., Focazio M.J., Eberts S.M. Effects of human-induced alteration of groundwater flow on concentrations of naturally-occurring trace elements at water-supply wells. *Applied geochemistry*. Vol. 26, Issue 5. May, 2011. Pp. 747-762.
5. Качество подземных вод России и их загрязнение. Федеральный портал Protown.ru <http://www.protown.ru/information/hidden/2832.html>
6. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М., 2008. 57с.
7. Курбанов М.К. Гидрогеоэкологическая программа «Родник. – Ресурсы подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна и пути их рационального использования, предотвращения процессов загрязнения и истощения» на 2003-2008 гг. // Геоэкологические проблемы освоения и охраны ресурсов подземных вод Восточного Кавказа. Тр. ИГ ДНЦ РАН. Вып. 49. Махачкала, 2003.
8. Гидрогеохимия. Источники и факторы формирования химического состава подземных вод / Цит. по <http://www.himvoda.ru/>
9. Каймаразов А.Г., Шабанова З.Э., Камалутдинова И.А., Ахмедов К.М. Идентификация и количественное определение мышьяксодержащих загрязняющих компонентов низкопотенциальных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна // II Международная конференция Возобновляемая энергетика: проблемы и перспектива. Махачкала, 2010. С. 299-312.
10. Генезис мышьяка в ресурсах пресных подземных вод Северо-Дагестанского артезианского бассейна. Отчет по выполнению гранта РФФИ. Рук. проекта Курбанов М.К. ИГ ДНЦ РАН. Махачкала, 2003. (фонды ИГ ДНЦ РАН).
11. Fernández M.I., López J.F., Vivaldi B., Coz F. Long-Term Impact of Arsenic in Drinking Water on Bladder Cancer Health Care and Mortality Rates 20 Years After End of Exposure. *The Journal of Urology*, Jan. 2012. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22248521#>
12. Del Razo L.M., García-Vargas G.G., Valenzuela O.L., Castellanos E.H., Sánchez-Peña L.C., Currier J.M., Drobná Z., Loomis D., Stýblo M. Exposure to arsenic in drinking water is associated with increased prevalence of diabetes: a cross-sectional study in the Zimapán and Lagunera regions in Mexico. *Environmental health: a global access science source*. Aug. 2011. <http://www.ehjournal.net/content/10/1/73>
13. Alissa E.M., Ferns G.A. Heavy Metal Poisoning and Cardiovascular Disease // *Journal of Toxicology*. Sept. 2011. – <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3168898/?tool=pubmed>
14. Bloom M.S., Fitzgerald E.F., Kim K., Neamtii I., Gurzau E.S. Spontaneous pregnancy loss in humans and exposure to arsenic in drinking water // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Vol. 213, Issue 6, Nov. 2010. Pp. 401-413. – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463910001161>

Bibliography

1. Hygiene / under the general editorship. Acad. RAMS G.I. Romyantsev. M., 2005. 127 p.
2. Kurbanov M.K., Arslanbekova Z. and others. Hydro-geological conditions of oil-bearing Mesozoic-Cenozoic deposits of Dagestan. Section II, Groundwater Pliocene and Quaternary sediments of the North-Dagestan plains. A preliminary report for 1961. Makhachkala, 1962. (DSC funds IG RAS).
3. Narayan Deb Saumitra. Scientific and methodological basis of geo-ecological models for sustainable development of Bangladesh: Abstract. dis. the doct. of tech. Sciences. M., 2005.
4. Ayotte J.D., Szabo Z., Focazio M.J., Eberts S.M. Effects of human-induced alteration of groundwater flow on concentrations of naturally-occurring trace elements at water-supply wells // *Applied geochemistry*. Vol. 26, Issue 5. May, 2011. Pp. 747-762.
5. The quality of groundwater contamination and Russia. Federal portal Protown.ru – <http://www.protown.ru/information/hidden/2832.html>
6. Alkhasov A.B. Geothermal energy: problems, resources, and technology. M., 2008. 57 p.
7. Kurbanov M.K. Hydrogeoecological program "Spring". // Groundwater resources of the Terek-Kuma artesian basin and the ways of their rational use, prevention of pollution and exhaustion for 2003-2008. // Geoenvironmental problems of development and protection of groundwater resources of the Eastern Caucasus. Tr. IG Dagestan Scientific Center RAS. Issue 49. Makhachkala, 2003.
8. Hydrogeochemistry. Sources and factors of formation of the chemical composition of groundwater / op. by <http://www.himvoda.ru/>
9. Kaymarazov A.G., Shabanov Z.E., Kamalutdinov I.A., Akhmedov K.M. Identification and quantification of arsenic-containing low-grade water contaminants North Dagestan Artesian Basin // II International Conference on Renewable Energy: Problems and prospects. Makhachkala, 2010. Pp. 299-312.
10. Genesis of arsenic in underground water resources of the North-Dagestan Artesian Basin. Report on the Implementation of the grant RFBR. Project. M.K. Kurbanov, Institute of Geology, Dagestan Scientific Center RAS. Makhachkala, 2003. (DSC funds IN RAS).
11. Fernández M.I., López J.F., Vivaldi B., Coz F. Long-Term Impact of Arsenic in Drinking Water on Bladder Cancer Health Care and Mortality Rates 20 Years After End of Exposure. *The Journal of Urology*, Jan. 2012. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22248521#>
12. Del Razo L.M., García-Vargas G.G., Valenzuela O.L., Castellanos E.H., Sánchez-Peña L.C., Currier J.M., Drobná Z., Loomis D., Stýblo M. Exposure to arsenic in drinking water is associated with increased prevalence of diabetes: a cross-sectional study in the Zimapán and Lagunera regions in Mexico. *Environmental health: a global access science source*. Aug. 2011. <http://www.ehjournal.net/content/10/1/73>
13. Alissa E.M., Ferns G.A. Heavy Metal Poisoning and Cardiovascular Disease // *Journal of Toxicology*. Sept. 2011. – <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3168898/?tool=pubmed>
14. Bloom M.S., Fitzgerald E.F., Kim K., Neamtii I., Gurzau E.S. Spontaneous pregnancy loss in humans and exposure to arsenic in drinking water // *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Vol. 213, Issue 6, Nov. 2010. Pp. 401-413. – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463910001161>