

УДК 631.416.9: 631.6 (470-67)

UDC 631.416.9: 631.6 (470-67)

**МИКРОЭЛЕМЕНТЫ И ТЯЖЕЛЫЕ  
МЕТАЛЛЫ В ВОДЕ И ДОННЫХ  
ОТЛОЖЕНИЯХ КОЛЛЕКТОРНО-  
ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ ДАГЕСТАНА**

**TRACE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN  
WATER AND BOTTOM SEDIMENTS  
DRAINAGE NETWORK DAGHESTAN**

Салихов Шамиль Курамагомедович  
научный сотрудник

Salikhov Shamil Kuramagomedovich  
research associate

Баширов Рашид Раdifович  
старший лаборант

Bashirov Rashid Radifovich  
senior laboratory worker

Магомедалиев Али Заирбекович  
инженер исследователь

Magomedaliev Ali Zairbekovich  
engineer researcher

Гимбатова Кабират Бадыровна  
младший научный сотрудник

Gimbatova Kabirat Badyrovna  
junior research associate

Шайхалова Жамилат Омаровна  
старший лаборант  
*ФГБУН Прикаспийский институт биологических  
ресурсов Дагестанского научного центра РАН,  
367025, Россия, Махачкала, [salichov72@mail.ru](mailto:salichov72@mail.ru)*

Shayhalova Zhamilat Omarovna  
senior laboratory worker  
*Precaspian Institute of Biologic Resources of  
Dagestan Scientific Center RAS, Makhachkala, Russia*

В основных коллекторах исследуемой территории была установлена концентрация приоритетных химических элементов: в воде Zn, Cu, Mn, Co, B, Mo, Cr, Ni, Pb; в донных отложениях Zn, Si, Mn, Cr, Ni, Pb. Установлено, что общей и характерной особенностью коллекторно-дренажных вод является низкая концентрация в них изученных элементов (исключение Mn, B, Pb). В донных отложениях коллекторов содержание валовых форм Zn, Si, Mn, Ni, Pb и подвижной форм Zn, Cu было ниже ПДК, а содержание валовой формы Cr и подвижной формы Mn чуть выше

In the main collectors in the North-West Caspian we have found the concentration of priority chemical elements: in water - Zn, Cu, Mn, Co, B, Mo, Cr, Ni, Pb; in sediments - Zn, Cu, Mn, Cr, Ni, Pb. It was found that a common and characteristic feature of drainage water is a low concentration of these elements investigated (except Mn, B, Pb). In the bottom sediments collectors content of gross forms of Zn, Cu, Mn, Ni, Pb and mobile forms of Zn, Cu was below the MRL and the content of the gross forms of Cr and Mn mobile forms was a little higher

Ключевые слова: МИКРОЭЛЕМЕНТЫ,  
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ВОДА, ДОННЫЕ  
ОТЛОЖЕНИЯ, ДАГЕСТАН

Keywords: TRACE ELEMENTS, HEAVY METALS,  
WATER, BOTTOM SEDIMENTS, DAGESTAN

Наукой и практикой доказано, что микроэлементы и тяжелые металлы играют важную физиологическую роль в жизнедеятельности растений, человека и животных и поэтому широко используются в сельском хозяйстве, медицине и животноводстве. Характер их действия на живой организм зависит от уровня их концентрации в среде обитания: при дефиците их содержания для жизни организмов они рассматриваются как микроэлементы, при избытке же – как тяжелые металлы. При оптимальных уровнях концентрации они способствуют повышению качества

<http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/48.pdf>

сельскохозяйственной продукции, гидробионтов прудов, рек, озер и морей. Они являются неотъемлемым компонентом нормальных физиологических процессов, но в то же время они токсичны при повышенном накоплении, приводящем к нарушению метаболизма и функционирования живых организмов. В токсичных концентрациях проявляют канцерогенные свойства, отрицательно воздействуют на генетическую, мембранную, ферментно-белковую систему клетки, вызывают нарушение концентраций веществ, необходимых для энергетического метаболизма – АТФ, АДФ, фосфоркреатина, изменяют активность ферментов, уровень содержания в клетках кальция и магния, необходимых для нормального функционирования организма [11].

За последнее время под воздействием природных и антропогенных факторов в северо-западной части Прикаспийской низменности Дагестана отмечаются значительные изменения экологических условий функционирования фауны и флоры.

Изысканий по содержанию химических элементов в основных типах почв равнинной и предгорной зон [8, 9], а также в системе коллекторно-дренажной сети Дагестана [1, 7], недостаточно. В этой связи выявление концентрации тяжелых металлов и микроэлементов в системе коллекторов равнинной зоны представляют научный интерес и практический смысл.

Целью настоящей работы, явилось исследование уровня содержания микроэлементов и тяжелых металлов в воде и донных отложениях коллекторов северо-западной части равнинной зоны Дагестана.

#### **Объекты и методы**

В условиях Северо-Дагестанской низменности, охватывающей территории Терско-Кумской полупустыни и Терско-Сулакской дельтовой

равнины, возделывание сельскохозяйственных культур без орошения невозможно и поэтому для рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве на территории равнинного Дагестана построены крупные гидротехнические сооружения, оросительные и коллекторно-дренажные сети.

В природных кормовых угодьях Терско-Кумской полупустыни наблюдается усиление процесса пастбищной и ветровой эрозии, деградация почв и, наконец, резкое снижение биологической продуктивности пастбищ. Наиболее характерной особенностью почвенного покрова данного региона является низкое плодородие, неудовлетворительные водно-физические свойства, значительная часть земель засолена.

В почвах под агроценозами Терско-Сулакской низменности в результате многолетней обработки земель тяжелыми сельхозорудиями, нарушения региональных севооборотов в хозяйствах, отсутствия достаточного количества навоза для обеспечения высокой потребности почв, выявлено снижение почвенного плодородия, разрушение гумусного слоя и потери структуры почв.

Исследования состава вод и отложений коллекторов проводились в северо-западной части равнинной зоны Дагестана, где сосредоточен основной фонд орошаемых пахотных земель и более половины природных кормовых угодий для осенне-зимнего содержания овец хозяйств республики. Протяженность межхозяйственных (в федеральной собственности) каналов – 5,1 тыс. км, внутривозрастных (на республиканском бюджете) – более 20 тыс. км. На 2010 год в республике числились 371,4 тыс. га орошаемых земель, что составляет 35,1% всех орошаемых земель СКФО. [4].

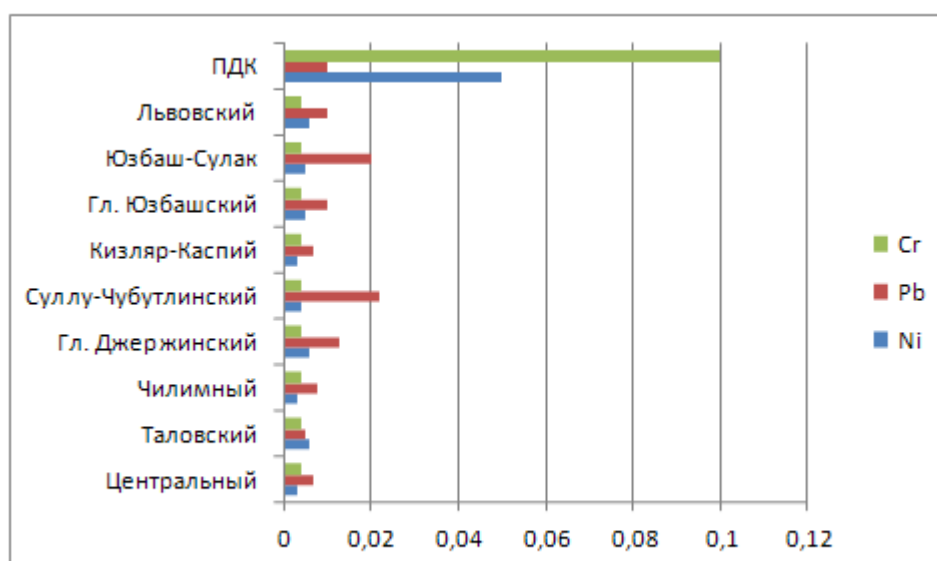
В целях изучения динамики концентрации тяжелых металлов и микроэлементов в донных отложениях коллекторов пробы отбирали у начала формирования коллектора (у начала водоразбора), и в конце коллектора (место впадения в море). Пробы воды отбирались в летние месяцы в сосуды объемом 2 л. Отбор проб донных отложений в начале и конце коллекторов производился в 5-ти кратной повторности. Определение содержания гумуса проводилось по Тюрину [6]. Анализ проб воды был проведен [3] на базе лаборатории биогеохимии ПИБР ДНЦ РАН и Аналитического центра коллективного пользования ДНЦ РАН. Определение общего содержания тяжелых металлов и микроэлементов в образцах проб донных отложений коллекторов было проведено в лаборатории биогеохимии ПИБР ДНЦ РАН на ААС Hitachi 170-70 [5].

### **Обсуждение результатов**

На территории равнинного Дагестана, прилегающей к западной части Каспийского моря можно выделить три равнинных подпровинции: Терско-Кумская, Терско-Сулакская и Приморская. Нами были обследованы первые две подпровинции, поскольку именно там расположены коллекторно-дренажные сети – объект наших исследований.

Результаты исследований (рис. 1) показали, что содержание тяжелых металлов (никель, свинец, хром) в коллекторных водах равнинного Дагестана ниже ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения [10], за исключением Рb, который превышает данный показатель в отдельных коллекторных водах (Главный Дзержинский, Суллу-Чубутлинский).

Таким образом, характерной особенностью исследованных дренажно-коллекторных вод явилось низкое фоновое содержание никеля и



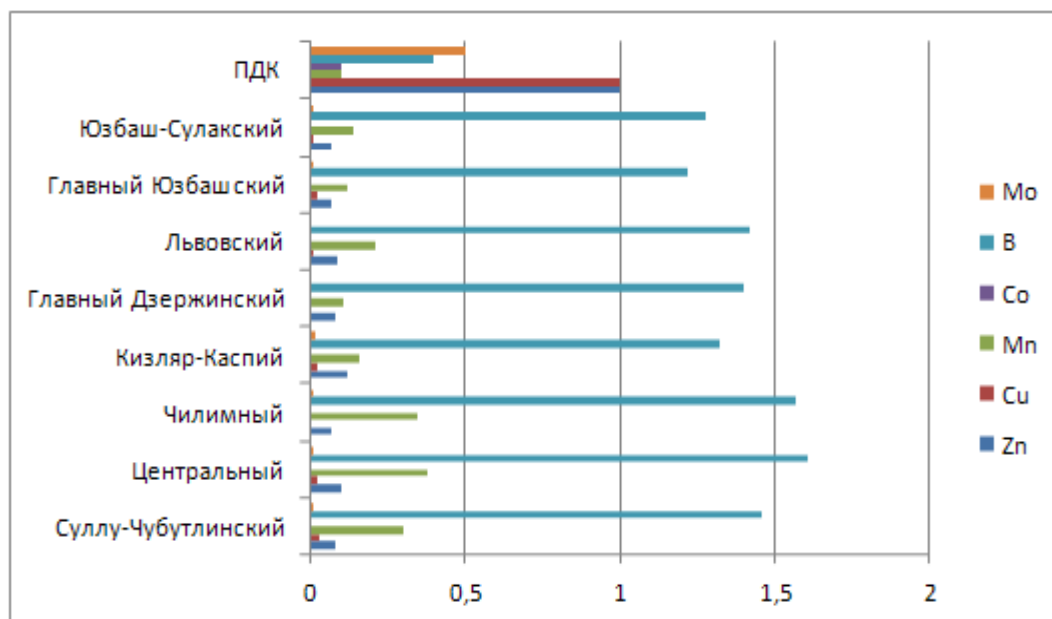
**Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в водах коллекторов Дагестана, мг/л**

хрома, по которым выявлена очень низкая концентрация, во много раз меньше ПДК. Содержание свинца в отдельных коллекторах превышало ПДК в 1,1-2,2 раза.

Самым загрязненным по содержанию металлов оказался коллектор Суллу-Чубутлинский, который по всем исследованным ТМ показал наибольшее содержание, а наименее загрязненными Таловский и Центральный. В целом, по уровню содержания указанных ТМ в водах не отмечено существенного различия между отдельными коллекторами.

Анализ уровня концентрации микроэлементов в водах исследуемых коллекторов (рис. 2) показал что, прежде всего, отмечается широкий интервал содержания элементов. Характерной особенностью коллекторно-дренажных вод является низкая концентрация в них микроэлементов. Из числа исследованных в дренажно-коллекторной системе микроэлементов, повышенная концентрация по сравнению с ПДК выявлена лишь по содержанию марганца (в 2,2 раза) и бора (в 3,5раза) при их средних показателях 0,22 и 1,41 мг/л, соответственно.

Повышенная концентрация марганца и бора в дренажно-коллекторных водах, с нашей точки зрения, обусловлена наличием в этом



**Рис. 2. Содержание микроэлементов в водах коллекторов Дагестана, мг/л**

регионе самоизливающихся буровых скважин с пластовыми водами, обогащенных, особенно бором и другими элементами, сравнительно повышенном их содержании в почвах, дренирующих грунтовыми и орошаемыми водами.

По мере снижения концентрации марганца, в водах исследованные нами коллекторы располагались в следующий ряд: Центральный > Чилимный > Суллу-Чубутлинский > Львовский > Кизляр-Каспий > Юзбаш-Сулакский > Главный Юзбашский > Главный Дзержинский. По бору наблюдалась схожая картина.

Среднее содержание цинка и кобальта в дренажно-коллекторных водах в 12 и 10 раз ниже, чем предельно допустимые их величины и составляют 0,083 мг/л и 0,001 мг/л (соответственно). Сравнение уровня содержания цинка и кобальта в водах отдельных коллекторов показало, что наименьшая их концентрация обнаружена в водах коллекторов Чилимный, Главный Юзбашский и Юзбаш-Сулакский, а наибольшее в коллекторе Кизляр-Каспий.

Среди изученных нами в водной системе микроэлементов, наиболее

низкая концентрация по сравнению с ПДК обнаружена по меди (в 50 раз ниже) и молибдена (в 45,5 раза). Среднее фоновое содержание в дренажно-коллекторных водах составляет: меди лишь 0,02 мг/л и молибдена – 0,011 мг/л при предельно допустимых их концентрациях – 1 мг/л и 0,5 мг/л (соответственно). Особенно низкие показатели указанных элементов обнаружены в водах коллекторов Чилимный, Главный Держинский и Львовский, величины которых колеблются в пределах 0,006-0,013 мг/л.

Донные отложения исследуемых коллекторов представлены в основном пойменными аллювиально-слоистыми, тонкодисперсными иловатыми фракциями.

В пробах донных отложений (табл.1) концентрация никеля, свинца и хрома была разной в различных коллекторах, но в целом возрастала от начала коллекторов, и по мере приближения к концу коллекторов, достигала максимальных отмеченных концентраций.

Таблица 1. Концентрация никеля, свинца, хрома в донных отложениях коллекторов равнинной зоны Дагестана

Коллектора	Гумус, %		Тяжелые металлы, мг/кг					
			Ni		Pb		Cr	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Суллу-Чубутль	1,2	1,7	51±1,1	62±1,7	20±0,8	23±0,9	114±2,1	125±1,6
Центральный	1,3	1,9	55±2,1	71±1,7	11±1,3	13±1,3	57±1,8	63±2,0
Чилимный	1,3	2,1	55±3,6	62±2,1	18±2,3	23±1,6	134±3,1	164±2,4
Кизляр-Каспий	1,1	1,8	45±1,3	67±1,4	36±1,2	24±1,5	75±1,9	132±2,2
Львовский	0,9	1,6	78±2,7	121±3,5	17±1,6	18±1,7	122±2,8	139±3,5
Главный Юзбашский	1,7	2,1	81±3,5	98±4,0	11±2,0	14±2,0	176±4,0	189±4,5
Юзбаш-Сулак	1,0	1,3	47±3,0	67±2,2	22±2,8	19±1,6	43±3,4	64±2,3

Примечание. Содержание гумуса и металлов: 1 – в начале коллектора, 2 – в конце коллектора

Среднее содержание гумуса в донных отложениях, отобранных в конце коллекторов, сравнительно высокое – 1,8% (колебание 1,3-2,1%), а в отложениях, отобранных у начала коллекторов, величина гумуса немного ниже – 1,2% (колебание 0,9-1,7%).

Между показателями гумуса и валовым содержанием никеля и хрома прослеживалась положительная корреляция средней степени 0,58 и 0,43 соответственно, а по свинцу выявлена слабая отрицательная корреляция – (- 0,24).

Содержание изученных тяжелых металлов в пробах донных отложений отобранных в разных коллекторах было различным при среднем значении, в начале и конце коллекторов: хрома – 103 и 125; никеля – 58,86 и 78,29; свинца – 19,29 и 19,14 соответственно в мг/кг.

ПДК изучаемых тяжелых металлов для почв [2] составляет, в мг/кг: для никеля – 85, свинца – 32, хрома – 90. Таким образом, в среднем пробы отложений, отобранные со дна разных коллекторов равнинной зоны Дагестана, содержали никеля – 0,7 ПДК и 0,9 ПДК, свинца – 0,6 ПДК (в начале и в конце), хрома – 1,14 ПДК и 1,39 ПДК соответственно в начале и в конце коллекторов. Таким образом, в исследованных коллекторах лишь содержание хрома незначительно превысило ПДК, а концентрация никеля и свинца было незначительно ниже ПДК этих элементов.

При сравнении содержания гумуса в грунтовых отложениях с его показателями в пахотных почвах отмечено, что среднее содержание гумуса в донных отложениях коллекторов Северо-Западного Прикаспия составляет 1,5% (колебание 0,9-2,1 %), а в наиболее распространенных в данной зоне почвах выше (светло-каштановые – 1,6%; луговые – 3,65%).

Коллекторно-дренажные грунтовые отложения характеризуются очень низкой концентрацией микроэлементов (табл.2.).

Средняя концентрация валовых форм исследованных металлов составила, в мг/кг почвы: цинка – 92,3; меди – 34; марганца – 658. Таким



Таблица 2. Микроэлементы в грунтах коллекторов, мг/кг почвы  
(над чертой – начало, под чертой конец коллектора)

Коллекторы	Zn		Cu		Mn	
	вал	подв	вал	подв	вал	подв
Суллу-Чубутлинский	<u>93</u>	<u>0,8</u>	<u>30</u>	<u>0,9</u>	<u>548</u>	<u>95</u>
	108	1,25	37	1,10	774	160
Центральный	<u>86</u>	<u>0,37</u>	<u>34</u>	<u>1,16</u>	<u>542</u>	<u>280</u>
	112	0,98	43	1,21	550	340
Чилимный	<u>81</u>	<u>0,69</u>	<u>36</u>	<u>0,81</u>	<u>619</u>	<u>100</u>
	93	1,12	42	1,10	670	260
Кизляр-Каспий	<u>90</u>	<u>0,94</u>	<u>35</u>	<u>1,25</u>	<u>619</u>	<u>63</u>
	89	0,96	38	1,57	851	120
Главный Дзержинский	<u>68</u>	<u>0,55</u>	<u>23</u>	<u>1,10</u>	<u>675</u>	<u>130</u>
	92	0,80	34	1,46	916	230
Львовский	<u>93</u>	<u>0,53</u>	<u>29</u>	<u>0,90</u>	<u>542</u>	<u>63</u>
	112	0,85	31	1,43	774	107
Главный Юзбашский	<u>87</u>	<u>0,45</u>	<u>37</u>	<u>0,60</u>	<u>586</u>	<u>138</u>
	120	0,76	45	0,85	697	162
Юзбаш-Сулакский	<u>63</u>	<u>0,87</u>	<u>22</u>	<u>0,50</u>	<u>542</u>	<u>102</u>
	89	0,71	28	0,98	625	130
ПДК [10]	100	1	55	3	1500	140

образом, содержание валовых форм цинка, меди, марганца 1,0-2,3 раза ниже ПДК. Содержание подвижных форм колебалось в пределах: цинка от 0,37 до 1,25; меди – 0,60-1,57; марганца – 63-340 в мг/кг соответственно. Было установлено среднее содержание подвижных форм: цинка – 0,79; меди – 1,1; марганца – 155. Соответственно средняя концентрация цинка и меди была ниже ПДК, а марганца чуть выше ПДК.

В накоплении микроэлементов и тяжелых металлов в донных отложениях коллекторов отмечено постепенное увеличение концентрации от начала коллекторов к их концу, связанное с содержанием гумуса. Эти данные свидетельствуют о том, что в зоне водосброса образовался биогеохимический барьер из мелкодисперсной иловатой фракции почвы, способный накапливать и аккумулировать органические вещества и вместе с ними и химические, компоненты.

### Заключение

1. В настоящее время коллекторные воды и донные отложения

коллекторной системы Дагестана характеризуются низким уровнем концентрации тяжелых металлов (Cr, Ni, Pb) и микроэлементов (Zn, Cu, Mn, Co, B, Mo), что связано со слабой антропогенной деятельностью и отсутствием промышленных объектов на исследованной территории.

2. Выявлена закономерность постепенного повышения концентрации исследованных микроэлементов и тяжелых металлов в донных отложениях у нижнего течения коллекторов (в районе водосброса) по сравнению с их показателями в грунтах у начала формирования коллекторной сети.

3. Постоянное выщелачивание химических компонентов из верхних почвенных горизонтов под воздействием ежегодных орошаемых вод, атмосферных осадков и их выноса в море способствует постепенному снижению общего уровня накопления их как в орошаемых почвах агроландшафтов, так и в дренажных, грунтовых и поверхностных водах равнинной зоны Дагестана.

#### Литература

1. Баширов Р.Р., Салихов Ш.К., Яхияев М.А., Магомедалиев А.З. Концентрация гумуса и некоторых тяжелых металлов в донных отложениях коллекторов Северо-Западного Прикаспия // Вестник ДНЦ РАН. 2012. №45. С.38-43
2. Башкин В.Н. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004. 584 с.
3. ГОСТ Р 51309-99. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. Госстандарт России. Москва, 2000. 19 с.
4. Курбанов С. А. Состояние и перспективы развития мелиорации в республике Дагестан // Проблемы развития АПК региона № 4(4), 2010. С. 34-38
5. Крысанова Т.А., Котова Д.Л., Бабенко Н.К., и др. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Воронеж, 2005. 31 с.
6. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие / Под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
7. Салихов Ш.К., Баширов Р.Р., Магомедалиев А.З. Хром, никель и свинец в донных отложениях коллекторов равнинного Дагестана // Аспирант и соискатель. 2010. №6. С. 80-83
8. Салихов Ш.К., Магомедалиев А.З., Баширов Р.Р. Ni, Cr, Pb в гидроморфных почвах Терско-Сулакской подпровинции Дагестана // Научный журнал КубГАУ. 2012. №76(02). С.226-235
9. Салихов Ш.К., Баширов Р.Р., Магомедалиев А.З. Закономерности распределения тяжелых металлов (Ni, Cr, Pb) в основных типах почв предгорного Дагестана // Научный журнал КубГАУ. 2012. №78(04). С.116-125
10. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога) под ред. Перхуткина В.П. М.: «Инфра Инженерия», 2006. 864 с.
11. Bowen H.J. Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London, 1979. 333 p.

### References

1. Bashirov R.R., Salihov Sh.K., Jahijaev M.A., Magomedaliev A.Z. Koncentracija gumusa i nekotoryh tjazhelyh metallov v donnyh otlozhenijah kollektorov Severo-Zapadnogo Prikaspija // Vestnik DNC RAN. 2012. №45. S.38-43
2. Bashkin V.N. Biogeohimija. M.: Nauchnyj mir, 2004. 584 s.
3. GOST R 51309-99. Voda pit'evaja. Opredelenie sodержaniya jelementov metodami atomnoj spektroskopii. Gosstandart Rossii. Moskva, 2000. 19 s.
4. Kurbanov S. A. Sostojanie i perspektivy razvitija melioracii v respublike Dagestan // Problemy razvitija APK regiona № 4(4), 2010. S. 34-38
5. Krysanova T.A., Kotova D.L., Babenko N.K., i dr. Atomno-absorbcionnaja spektroskopija. Voronezh, 2005. 31 s.
6. Praktikum po agrohimii: Ucheb. posobie / Pod red. akad. RASHN V.G. Mineeva. M.: Izd-vo MGU, 2001. 689 s.
7. Salihov Sh.K., Bashirov R.R., Magomedaliev A.Z. Hrom, nikel' i svinec v donnyh otlozhenijah kollektorov ravninnogo Dagestana // Aspirant i soiskatel'. 2010. №6. S. 80-83
8. Salihov Sh.K., Magomedaliev A.Z., Bashirov R.R. Ni, Cr, Pb v gidromorfnyh pochvah Tersko-Sulakskoj podprovincii Dagestana // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2012. №76(02). S.226-235
9. Salihov Sh.K., Bashirov R.R., Magomedaliev A.Z. Zakonomernosti raspredelenija tjazhelyh metallov (Ni, Cr, Pb) v osnovnyh tipah pochv predgornogo Dagestana // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2012. №78(04). S.116-125
10. Spravochnik inzhenera po ohrane okruzhajushhej sredy (jekologa) pod red. Perhutkina V.P. M.: «Infra Inzhenerija», 2006. 864 s.
11. Bowen H.J. Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London, 1979. 333 p.