

УДК 5.502:5.504:55.553  
AGRIS P01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/20>

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВОКРУГ ДАШКЕСАНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

©*Джаббаров Н. С., Азербайджанский государственный аграрный университет,  
г. Гянджа, Азербайджан*

## ESTIMATION OF SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS AROUND DASHKESAN MINING AND PROCESSING FACTORY

©*Djabbarov N., Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan*

*Аннотация.* Статья посвящена результатам определения и оценки содержания тяжелых металлов (ТМ) в почве вокруг Дашкесанского горно-обогатительного комбината Азербайджанской Республики. Комбинат открытым карьерным способом осуществляет добычу железной руды с последующим ее обогащением методом флотации. Взрывные работы в карьере, транспортировка и размельчение руды перед флотацией, открытое пространство карьера и отвалы пустой породы после обогащения руды (терриконы) выступают основными источниками загрязнения окружающей среды. Воздушными потоками и талыми водами загрязнители (ТМ) попадают в почву. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии в почве определено валовое содержание Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Zn. Оценка степени загрязненности почв тяжелыми металлами проведено по Кларковому числу, ПДК и по суммарному количеству (Zc) ТМ. По содержанию Pb, Cd, Cu, Zn почвы оцениваются как незагрязненные, а по содержанию Co и Cr — чрезвычайно загрязненные (превышение ПДК более, чем в 4 раза). По суммарному содержанию (Zc) ТМ почвы также оцениваются как чрезвычайно загрязненные. Закономерности в распределении содержания ТМ в почве вокруг источника загрязнения не выявлено. По мере удаления от источника загрязнения содержание ТМ в почве меняется спонтанно, что является результатом влияния орографических и геологических факторов.

*Abstract.* The article is devoted to the results of the determination and assessment of the content of heavy metals (HM) in the soil around the Dashkesan mining and processing factory of the Azerbaijan Republic. Combine open pit mining method produces iron ore with its subsequent enrichment by flotation. Quarry blasting, transportation and crushing of ore by flotation swallowing; open pit open pit and waste rock dumps after ore concentration (heaps) are the main sources of environmental pollution. Air currents and melt waters contaminants HM fall into the soil. By the method of atomic absorption spectrometry in soil, the total content of Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Zn was determined. The assessment of soil contamination by heavy metals was carried out by the Clarke number, the MPC and the total amount (Zc) of the TM. According to the Pb, Cd, Cu, Zn content, the soils are estimated as unpolluted, and according to the Co and Cr content — extremely polluted (MPC exceedance is more than 4 times). According to the total content of HM (Zc), soils are also assessed as extremely polluted. There is no regularity in the distribution of HM content in the soil around the source of pollution. As the distance from the source of contamination increases, the HM content in the soil changes spontaneously, which is a result of the influence of orographic and geological factors.

*Ключевые слова:* железная руда, обогащение руды, тяжелые металлы, загрязнение почв, Кларковское число.

*Keywords:* iron ore, ore beneficiation, heavy metals, soil pollution, Clark number.

### *Введение*

Запасы железной руды в республике сосредоточены в основном на Дашкесанском месторождении, Малого Кавказа, именуемый, как «Уралом» Азербайджана. С 1954 г по 1992 г. Дашкесанский комбинат по обогащению железной руды за период деятельности открытым карьерным способом освоил 30-35% общих запасов железной руды. В 2000-2002 гг. комбинат возобновил свою деятельность. На сегодняшний день остаточные запасы месторождения оцениваются более чем в 230 млн тонн [1].

По результатам геологоразведочных работ, проводимых по всей республике за последние годы, баланс полезных ископаемых, минеральной базы Азербайджана составляет 836 месторождений, из которых — 51 залежи руд, 123 нерудные минералы, 561 строительные материалы и 101 источники минеральных, термальных и подземных йодо-бромных вод (<http://interfax.az/view/476556>).

Горнодобывающая отрасль в Азербайджане обладает огромным потенциалом, и развитие этой отрасли открывает огромные перспективы для развития экономики Азербайджана [2]. Развитие горнодобывающей промышленности зависит от многих факторов и должно развиваться по конкретной программе. В дополнение к экономическим вопросам, упомянутым в этой программе, должны быть включены вопросы экологической безопасности. Неадекватное рассмотрение любого фактора развития использования горнорудным потенциалом может привести к нежелательным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Чтобы предотвратить эти осложнения, горнодобывающая промышленность и вопросы экологической безопасности должны быть скоординированы с соответствующими структурами, а использование экологически чистых технологий в горнодобывающей промышленности должно стать приоритетным ([http://snipov.net/c\\_4655\\_snip\\_110042.html](http://snipov.net/c_4655_snip_110042.html)).

По общему мнению ученых, основными источниками загрязнения биосферы выступают горнодобывающая и перерабатывающая промышленность (38%) [3-5]. Для моделирования пространственного распределения ряда тяжелых металлов в поверхностном слое почвы предлагается гибридный. Несмотря на применение самого современного оборудования и экологически чистых технологий, воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду, на ее основные компоненты (атмосферный воздух, почву, растительный покров, поверхностные и грунтовые воды) неизбежны [5]. Влияние горнорудной промышленности на окружающую среду проявляется в двух основных направлениях. Первое, при добыче руды открытым карьерным способом, а также отвалами пустой породы нарушается целостность естественного ландшафта. Второе, взрывные работы в карьере, открытое пространство карьера и отвалы пустой породы после обогащения руды (терриконы) выступают основными источниками загрязнения. Воздушными потоками и тальми водами загрязнители (ТМ) попадают в окружающую среду.

Отсутствие достоверной информации о степени загрязнения окружающей среды, а также сведений по количественным и качественным параметрам содержания ТМ в почве в зоне влияния Дашкесанского горно-обогательного комбината не позволяют принятия однозначных решений.

Целью исследования стало выявление и оценка влияния Дашкесанского комбината по добыче и обогащению железной руды на окружающую среду, в частности на содержание тяжелых металлов в почве. Предстояло определить валовое содержания ТМ в почве с последующей оценкой степени загрязненности.

Тяжелые металлы являются важной составляющей биохимических процессов, происходящих в почве, а также выступают незаменимыми микро- и ультрамикроэлементами для растений [9]. Однако накопление тяжелых металлов в почве, превышение их содержания санитарных норм (ПДК), миграция и трансформация из почвы в другие компоненты окружающей среды становится источником опасности для здоровья человека [7, 8, 14].

#### *Материалы и методика исследований*

Объектом исследований выступал Дашкесанский горно-обогатительный комбинат (ДГОК) по добыче и обогащению железной руды, а также почвы в окрестностях комбината. ДГОК расположен к юго-востоку от г. Дашкесан в нескольких километрах. Дашкесан-город на западе Азербайджана, административный центр Дашкесанского района страны. Расположен в гористой местности в 36 км к юго-западу от Гянджи и 397 км от Баку. Территория ДГОК представлена карьером по открытой добыче железной руды, заводом по размельчению и флотации руды, терриконом пустой породы, а также накопителем для воды после флотации. Территория ДГОК расположена на северо-западных склонах Малого Кавказского хребта (ВНУМ 1500-1700 м).

Воздушными потоками загрязнители с территории ДГОК попадают в атмосферу. На определенном расстоянии осаждаясь, происходит накопление и миграция ТМ в почве, трансформация в растения [12].

Учитывая интенсивность и направление господствующих ветров (северо-восток — 32%; запад — 30%) по двум направлениям был проведен сбор образцов почвы для определения содержания ТМ. Всего было взято 16 образцов почвы.

Первая проба почвы (проба № 1) взята в непосредственной близости (0,2 км) от источника загрязнения.

В западном направлении пробы взяты с 5 пунктов (пробы № 2-6) с интервалом между ними 2,0-2,5 км и общим удалением от источника 10,0-12,0 км.

В северо-восточном направлении на удалении — 15,0-17,0 км от источника загрязнения, с 10 пунктов были отобраны 10 образцов (пробы № 7-16).

Почвы обследуемого района представлены горно-луговыми, горно-луговыми послелесными и частично — черноземными типами почв. Содержание гумуса, в зависимости от типа почвы и степени деградированности, колеблется в пределах 2,1-5,7%, реакция почвенной среды меняется от нейтральной до слабокислой (рН 6,0-6,6), в гранулометрическом составе преобладают средние суглинки (содержание мелкоземистых фракций 77-85%). В почвах обследуемого региона общее содержание железа составляет 4,7%, а алюминия — 7,7%. Высокое содержание Fe и Al объясняется наличием в регионе богатых залежей железа и алюминия (алунитовая руда). Растительный покров представлен горно-луговыми, злаково-разнотравными ассоциациями. ДГОК расположен в зоне горных широколиственных лесов.

Для отбора и взятия образцов в каждом пункте намечалась пробная площадка (0,2-0,25 га), на которой проводилось описание общего состояния почвенно-растительного покрова. На пробной площади с 5 точек (методом конверта) проводился отбор среднего образца почвы [6, 7]. Почвенные образцы взяты с горизонта 0-30 см.

Сбор почвенных образцов, хранение и подготовка для проведения анализов осуществлен по общепринятой методике [7, 8, 14]]. Содержание ТМ в почвенных образцах

проведено методом атомно-абсорбционной спектрометрии [8] на приборе Agilent 7700 Series ICP-MS.

Оценка фактического содержания ТМ почве проведена по ПДК. Среднеарифметический показатель содержания конкретного ТМ в почве по всем образцам принято как фоновое значение (Кларковое число) [10, 11].

Имея геологическое происхождение, тяжелые металлы всегда присутствуют в почве и образуют фоновое содержание. Фоновое содержание также называется Кларковым числом, впервые был предложен Американским ученым Ф. У. Кларком [10].

*Обсуждение результатов исследований*

В отобранных образцах почвы определено валовое содержание 6-ти ТМ (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Zn) (Таблица 1). Оценка количества тяжелых металлов в почве проводилась в соответствии с фоном (Кларковое число), ПДК (Таблица 2) и по суммарному количеству (Zc) ТМ [7, 8].

Таблица 1.

СОДЕРЖАНИЕ ТМ В ПОЧВЕ  
 В ОКРЕСТНОСТЯХ ДАШКЕСАНСКОГО КОМБИНАТА ПО ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

№ образца	Валовое содержание ТМ, PPM						Сумм. кол. (Zc)
	Pb	Co	Cd	Cr	Cu	Zn	
2	12,9	35,8	0,00019	26,5	47,8	62,3	185,33
3	9,8	30,1	0,00016	55,3	78,5	46,4	220,21
4	10,2	20,6	0,00018	28,1	80,1	50,9	189,19
5	9,9	32,3	0,00015	46,7	69,7	41,4	200,30
6	8,7	30,4	0,00017	50,1	80,5	76,3	246,00
<i>западное направление</i>							
<i>Источник загрязнения (отдаленность 200 м)</i>	13,6	36,1	0,00010	27,1	55,2	65,4	197,40
<i>северо-восточное направление</i>							
7	10,1	28,7	0,00011	18,5	15,1	90,8	163,22
8	10,3	32,8	0,00018	45,7	79,2	50,6	218,26
9	9,5	33,4	0,00016	45,9	56,9	61,8	207,35
10	8,9	32,5	0,00010	40,8	60,8	78,3	221,33
11	7,9	31,9	0,00029	13,2	12,9	89,5	155,34
12	7,6	28,9	0,00036	19,2	15,7	89,7	161,31
13	15,6	11,1	0,000047	29,8	54,5	70,1	181,21
14	13,2	12,2	0,00068	30,1	60,9	74,2	190,16
15	12,4	36,5	0,00066	25,6	61,2	69,8	205,25
16	10,6	30,9	0,00069	17,5	12,6	88,7	160,33
<i>Среднее значение (Кларковое число)</i>	10,700	29,013	$2,64 \cdot 10^{-4}$	32,506	52,600	69,138	194,001
<i>Дисперсия</i>	4,673	56,146	$4,4 \cdot 10^{-8}$	160,593	588,211	245,551	626,494
<i>Ср. кв. отклон.</i>	2,162	7,493	$2,10 \cdot 10^{-4}$	12,673	24,253	15,670	25,030
<i>Ошибка средн.</i>	1,081	3,747	$1,49 \cdot 10^{-4}$	6,336	12,127	7,835	12,515
<i>Кэф. вариации, %</i>	20,202	25,827	79,674	38,985	46,108	22,665	12,902

Среднеарифметическое значение содержания ТМ в почве принято как показатель фона (Кларковое число) [11]. Оценка фактического содержания ТМ в почве по всем пунктам осуществлено по Кларковому числу. По результатам анализов можно утверждать, что не проявляется видимой, очевидной закономерности в изменчивости количества содержания тяжелых металлов по пунктам отбора образцов и фоном, а также в зависимости от отдаленности от источника загрязнения. Количество тяжелых металлов по всем пунктам меняется спонтанно [12-14].

Таблица 2.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ

<i>Химический элемент</i>	<i>Фактическое содержание в почве, РРМ</i>	<i>ПДК, РРМ</i>	<i>Степень загрязнения</i>
Pb	10,7	30	Незагрязненные
Co	29,013	5	Чрезвычайно загрязненные
Cd	0,000264	0,5	Незагрязненные
Cr	32,5	6	Чрезвычайно загрязненные
Cu	52,6	55	Незагрязненные
Zn	69,138	100	Незагрязненные

Уровни содержания тяжелых металлов (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Zn) вокруг источника загрязнения (проба № 1) не превышают Кларковое число, в той или иной степени варьируют вокруг него. Характер и количество распределения Pb и Cu в почве по пунктам отбора образцов наглядно демонстрирует график (Рисунок 1).

Содержание Pb в почве, при Кларковом числе 10,7 РРМ, по пунктам меняется в пределах 7,6-15,6 РРМ, при этом минимальное содержание Pb наблюдается в пункте № 12, а максимальное — в пункте № 13 (Рисунок 1).

При ПДК 30 РРМ по валовому содержанию в почве, фактическое содержание Pb в почве не превышает ПДК (максимальное фактическое содержание — 15,6 РРМ). Иная картина наблюдается в распределении меди (Cu). При Кларковом числе 52,6 РРМ, по пунктам отбора образцов содержание меди меняется в пределах 12,6-80,5 РРМ, при этом минимальное содержание Pb наблюдается в пункте № 13, а максимальное — в пункте № 4. При ПДК 30 РРМ фактическое содержание Pb в почве не превышает ПДК (максимальное фактическое содержание — 15,6 РРМ). Иная картина наблюдается в распределении меди (Cu). Фоновое содержание Cu в почве (52,6 РРМ) не превышает ПДК (55 РРМ), по отдельным пунктам содержание Cu в почве выше ПДК (пункт № 6; 80,5 РРМ), но это превышение не более 50% ПДК. По содержанию Pb и Cu почвы являются незагрязненными (Таблица 2).

В распределении кобальта (Co) в почве при Кларковом числе 29,0 РРМ, по пунктам фактическое содержание варьирует в пределах 11,1-36,5 РРМ (Рисунок 2). При ПДК 5 РРМ, фактическое содержание Co превышает норму в 2-7 раз (Таблица 2).

Содержание Cr в почве при Кларковом числе 32,5 РРМ, по пунктам фактическое содержание меняется в пределах 13,2-55,3 РРМ. При ПДК 6 РРМ, фактическое содержание Cr превышает норму более чем в 5 раз (Таблица 2).

Содержание Zn в почве при Кларковом числе 69,1 РРМ, варьирует в пределах 41,4-90,8 РРМ. Несмотря на то, что в некоторых почвенных образцах содержание Zn превышает фон (90,8 РРМ проба, №7), но при этом остается меньше ПДК (100 РРМ).

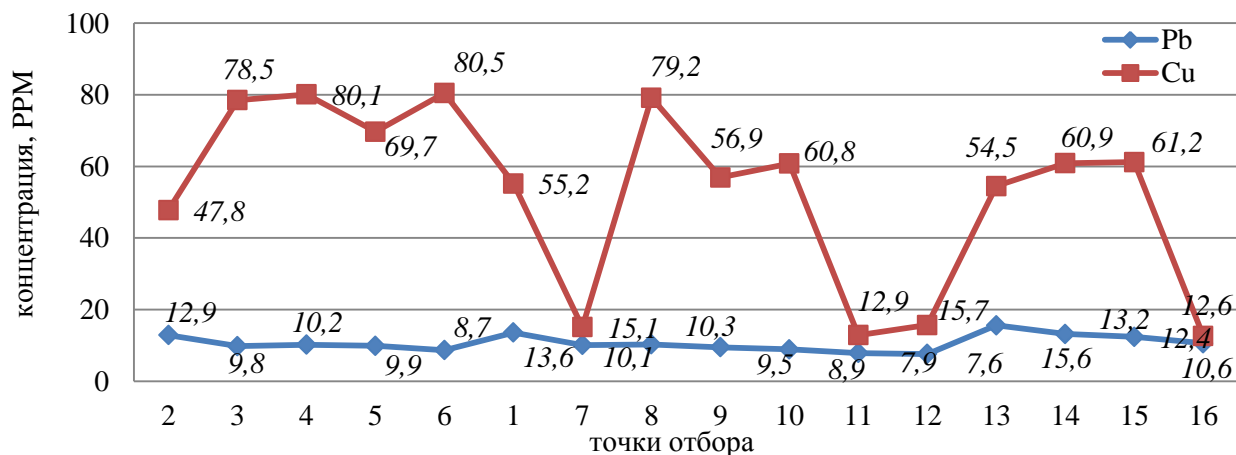


Рисунок 1. Распределение в почве свинца (Pb) и меди (Cu) вокруг источника загрязнения (проба № 1)

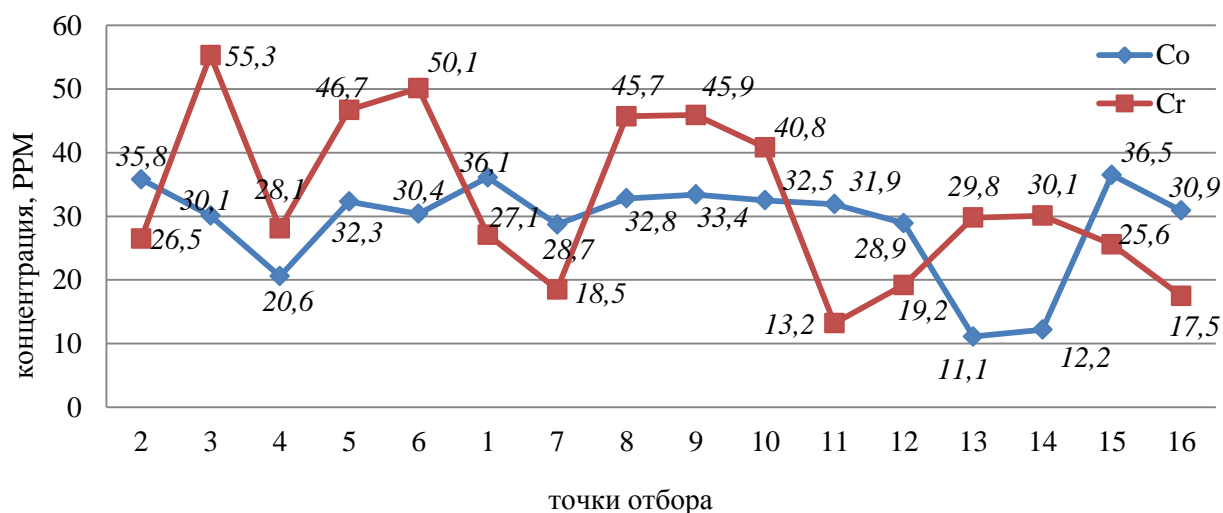


Рисунок 2. Распределение в почве хрома (Cr) и кобальта (Co) вокруг источника загрязнения (проба №1)

По содержанию Pb, Cd, Cu, Zn почвы оцениваются как незагрязненные, а по содержанию Co и Cr — чрезвычайно загрязненные (превышение ПДК более, чем в 4 раза). По суммарному содержанию ТМ (Zc) почвы оцениваются как чрезвычайно загрязненные [7, 9]. Среднее значение Zc (194 PPM) намного превышает норму (194 >> 128).

Ряд зарубежных авторов, рассматривая распределение тяжелых металлов в почвах и растениях, предлагают новые подходы к исследованию этого процесса. Аккумуляция и вывод тяжелых металлов в сельскохозяйственных почвах и культурах – основные вопросы, которые интересуют все больше и теоретиков и практиков [15-21].

#### Выводы

Вокруг Дашкесанского комбината по добыче и обогащению железной руды в почве определено валовое содержание и оценена степень загрязнения почв тяжелыми металлами (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Zn). По содержанию Pb, Cd, Cu и Zn почвы оцениваются как незагрязненные, а по содержанию Co и Cr — чрезвычайно загрязненные (превышение ПДК более, чем в 4 раза). По суммарному содержанию ТМ (Zc) почвы также оцениваются как

чрезвычайно загрязненные. Чрезвычайное содержание в почве Со связано с наличием на территории Дашкесанского района залежей кобальта. Высокое содержание в почве Сг также геологического происхождения.

*Список литературы:*

1. Исмаилов М. А. Горная промышленность и механическое производство Азербайджана в период капитализма // Материалы по экономической истории Азербайджана. Баку, 1970. С. 81.
2. Алексеев Ю. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. Добровольская М. Г. Геохимия земной коры. М: РУДН, 2007. 131 с.
4. Водяницкий Ю. Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. 2012. Т. 45. № 3. С. 321-328. DOI: 10.1134/S1064229312030131
5. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестник Самарского государственного университета. №5. 1996. С. 125-145.
6. Аргунов М. Н., Бузлама В. С., Редкий М. И., Серeda С. В., Шабунин С. В. Ветеринарная токсикология с основами экологии. М.: Колосс, 2005. 415 с.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (изд. 2-е, перераб. и доп.). 1992. 62 с. <http://docs.cntd.ru/document/1200078918>
8. Андросова Н. В., Усанова Ю. С. Атомно-абсорбционное определение тяжелых металлов в почвах с использованием электротермического атомизатора // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2007. № 7. С. 160-162.
9. Ковда В. А. Основы учения о почвах. В 2-х т. М.: Наука. 1973. Т. 1. 446 с. Т. 2. 467 с.
10. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 2. С. 7-17
11. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ. 2013. 380 с.
12. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
13. Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // Chem. Geol. 2008. V. 253, № 3-4. P. 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2008.05.010>
14. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: ИМГРЭ, 1981. 109 с.
15. Kemper T., Sommer S. Estimate of heavy metal contamination in soils after a mining accident using reflectance spectroscopy // Environmental Science & Technology. 2002. V. 36. № 12. P. 2742-2747. <https://doi.org/10.1021/es015747j>
16. Fliessbach A., Martens R., Reber H. H. Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge // Soil Biology and Biochemistry. 1994. V. 26. № 9. P. 1201-1205. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90144-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90144-9)
17. Chojnacka K., Chojnacki A., Gorecka H., Górecki H. Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants // Science of the Total Environment. 2005. V. 337. №. 1-3. P. 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.06.009>
18. Cheng H., Shen R., Chen Y., Wan Q., Shi T., Wang J., ... Li X. Estimating heavy metal concentrations in suburban soils with reflectance spectroscopy // Geoderma. 2019. V. 336. P. 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.010>

19. Wang F., Gao J., Zha Y. Hyperspectral sensing of heavy metals in soil and vegetation: Feasibility and challenges // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2018. V. 136. P. 73-84. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.12.003>
20. Sawut R., Kasim N., Abliz A., Hu L., Yalkun A., Maihemuti B., Qingdong S. Possibility of optimized indices for the assessment of heavy metal contents in soil around an open pit coal mine area // *International journal of applied earth observation and geoinformation*. 2018. V. 73. P. 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.018>
21. Sergeev A. P., Buevich A. G., Baglaeva E. M., Shichkin A. V. Combining spatial autocorrelation with machine learning increases prediction accuracy of soil heavy metals // *Catena*. 2019. V. 174. P. 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.037>

#### References:

1. Ismailov, M. A. (1970). Gornaya promyshlennost' i mekhanicheskoe proizvodstvo Azerbaidzhana v period kapitalizma. In *Materialy po ekonomicheskoi istorii Azerbaidzhana*. Baku, 81. (in Russian).
2. Alekseev, Yu. A. (1987). Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh. Leningrad, Agropromizdat, 142. (in Russian).
3. Dobrovol'skaya, M. G. (2007). Geokhimiya zemnoi kory. Moscow. RUDN 131. (in Russian).
4. Vodyanitskii, Y. N. (2012). Standards for the contents of heavy metals and metalloids in soils. *Eurasian Soil Science*, 45(3). 321-328. doi:10.1134/S1064229312030131(in Russian).
5. Prokhorova, N. V., & Matveev, N. M. (1996). Heavy metals in Soils and Plants during Technogenic conditions. *Vestnik of Samara State University [Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta]*, (5). 125-145. (in Russian).
6. Argunov, M. N., Buzlama, B. C., Redkii, M. I., Sereda, S. V., & Shabunin, S. V. (2005). Veterinarnaya toksikologiya s osnovami ekologii. Moscow. Koloss, 415. (in Russian).
7. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'khozugodii i produktsii rastenievodstva (1992). 62. <http://docs.cntd.ru/document/1200078918>(in Russian).
8. Androsova, N. V., & Usanova, Yu. S. (2007). Atomno-absorbtsionnoe opredelenie tyazhelykh metallov v pochvakh s ispol'zovaniem elektrotermicheskogo atomizatora. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, (7). 160-162. (in Russian).
9. Kovda, V. A. (1973). Osnovy ucheniya o pochvakh. Moscow. Nauka. 1. 446. 2. 467. (in Russian).
10. Kasimov, N. S., & Vlasov, D. V. (2015). Clarkes of chemical elements as comparison standards in ecogeochemistry. *Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography*, (2). 7-17. (in Russian).
11. Alekseenko, V. A., & Alekseenko, A. V. (2013). Khimicheskie elementy v geokhimicheskikh sistemakh. Klarki pochv selitebnykh landshaftov. Rostov n/D: Izd-vo YuFU. 380. (in Russian).
12. Grigor'ev, N. A. (2009). Raspredelenie khimicheskikh elementov v verkhnei chasti kontinental'noi kory. Ekaterinburg: UrO RAN, 382. (in Russian).
13. Hu, Z., & Gao, S. (2008). Upper crustal abundances of trace elements: a revision and update. *Chemical Geology*, 253(3-4), 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2008.05.010>
14. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv i rastenii pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchei sredy metallami. (1981). Moscow. IMGRE, 109.



15. Kemper, T., & Sommer, S. (2002). Estimate of heavy metal contamination in soils after a mining accident using reflectance spectroscopy. *Environmental Science & Technology*, 36(12), 2742-2747. <https://doi.org/10.1021/es015747j>
16. Fliessbach, A., Martens, R., & Reber, H. H. (1994). Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(9), 1201-1205. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90144-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90144-9)
17. Chojnacka, K., Chojnacki, A., Gorecka, H., & Górecki, H. (2005). Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants. *Science of the Total Environment*, 337(1-3), 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.06.009>
18. Cheng, H., Shen, R., Chen, Y., Wan, Q., Shi, T., Wang, J., ... & Li, X. (2019). Estimating heavy metal concentrations in suburban soils with reflectance spectroscopy. *Geoderma*, 336, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.010>
19. Wang, F., Gao, J., & Zha, Y. (2018). Hyperspectral sensing of heavy metals in soil and vegetation: Feasibility and challenges. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 136, 73-84. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.12.003>
20. Sawut, R., Kasim, N., Abliz, A., Hu, L., Yalkun, A., Maihemuti, B., & Qingdong, S. (2018). Possibility of optimized indices for the assessment of heavy metal contents in soil around an open pit coal mine area. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 73, 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.018>
21. Sergeev, A. P., Buevich, A. G., Baglaeva, E. M., & Shichkin, A. V. (2019). Combining spatial autocorrelation with machine learning increases prediction accuracy of soil heavy metals. *Catena*, 174, 425-435. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.037>

Работа поступила  
в редакцию 25.07.2019 г.

Принята к публикации  
29.07.2019 г.

---

Ссылка для цитирования:

Джаббаров Н. С. Оценка загрязненности почв тяжелыми металлами вокруг Дашкесанского горно-обогатительного комбината // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №9. С. 175-183. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/20>

Cite as (APA):

Djabbarov, N. (2019). Estimation of Soil Pollution With Heavy Metals Around Dashkesan Mining and Processing Factory. *Bulletin of Science and Practice*, 5(9), 175-183. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/20> (in Russian).