

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ КАРАЧАГАНАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е. Х. Мендыбаев

*Актюбинский государственный университет им. К.Жубанова
г. Актобе, ул. Братьев Жубановых 263.*

В статье приводятся результаты исследований на территории Карачаганакского месторождения по выявлению сезонных изменений физико-химических параметров темно-каштановых почв и их загрязнение тяжелыми металлами. Установлено, что по загрязнению тяжелыми металлами почвы всей промышленной зоны относятся к допустимой категории загрязнения и лишь 5 % от общей площади месторождения и санитарно-защитной зоны относятся к умеренно опасной категории загрязнения почв.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования проводились в Бурлинском районе Западно-Казахстанской области на территории Карачаганакского газоконденсатного месторождения (КНГКМ) в подзоне сухих степей в рамках проекта Западно-Казахстанского государственного университета «Мониторинг почвенного, растительного и животного мира биогеоценозов КНГКМ и прилегающей территории» по заказу КНГКМ. Цель исследований заключалась в получении данных о характере сезонной изменчивости основных свойств преобладающих подтипов темно-каштановых почв и их загрязнения тяжелыми металлами. Известно, что при добыче полезных ископаемых из оборота неизбежно изымаются все новые участки природных экосистем с плодородными почвами и уникальным биоразнообразием, сельскохозяйственные и лесные угодья, в тоже время увеличиваются площади загрязненных и нарушенных земель. Для разработки мероприятий по их восстановлению и рекультивации необходимы сведения об экологическом состоянии почв и их физико-химических свойствах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на 5-ти участках, характеризующих разнообра-

зие подтипов темно-каштановых почв территории КНГКМ, которые представляют пространственный экологический ряд:

- участок 1 - темно-каштановая карбонатная почва, ковыльно-типчаковая (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*) ассоциация;
- участок 2-темно-каштановая слабощелбнистая почва, разнотравно - дерновиннозлаковая с бобовниковм (*Stipa lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Veronica spicata*, *Galium verum*, *Amigdalidis nana*) ассоциация;
- участок 3 - темно-каштановая карбонатно-солонцеватая почва, белополынно-житняковая (*Agropirum desertorum*, *Artemisia lerchiana*) ассоциация;
- участок 4-темно-каштановая солончаковато - солонцеватая почва, тысячелистниково-полынная (*Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *Achillea millifolium*) ассоциация;
- участок 5-темно - каштановая нормальная почва, кострово - горькополынная (*Artemisia absinthium*, *Anisanha tectorum*) ассоциация (залежь, верхний горизонт нарушен).

Сбор данных осуществлялся традиционными методами почвенных исследований [1, 2], включая закладку почвенных разрезов на всех участках с описани-

Таблица 1 – Гумус, рН и состав водорастворимых солей (май и сентябрь 2002 г.

№ уч.	Почва	Горизонт и глубина отбора образцов	Гумус, %	рН		HCO ₃		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺	
				V	IX	V	IX	V	IX	V	IX	V	IX	V	IX	V	IX	V	IX
				мг - экв / 100 г почвы															
1	Темно-каштановая карбонатная	A 0-24	3,5	7,3	7,3	0,30	0,30	0,90	0,11	-	-	0,84	0,84	0,07	0,01	0,12	0,12	1,28	1,28
		B 25-60	2,6	7,3	7,4	0,40	0,40	0,95	0,12	0,01	0,01	0,49	0,49	0,12	0,12	0,26	0,26	0,49	0,52
		BC 61-107	0,6	7,4	7,4	0,60	0,62	0,42	0,13	0,01	0,01	0,25	0,25	0,03	0,03	0,41	0,41	0,07	0,07
		C 107-127	0,3	7,8	8,0	0,70	0,70	0,15	0,15	0,01	0,01	0,14	0,14	0,15	0,14	0,08	0,08	1,85	1,80
2	Темно-каштановая слабо щелбистая	A 0-32	4,8	8,2	7,8	0,35	0,35	0,15	0,19	0,01	0,01	0,27	0,30	0,07	0,08	0,26	0,30	0,49	0,50
		B 33-67	3,5	8,0	7,90	0,42	0,42	0,16	0,19	-	-	0,25	0,25	0,12	0,12	0,24	0,25	0,20	0,15
		BC 68-120	0,2	7,5	7,8	0,75	0,75	0,17	0,11	-	-	0,13	0,14	0,11	0,12	0,41	0,42	0,06	0,06
		C 120-150	0,0	7,5	8,1	0,75	0,75	0,17	0,17	0,01	0,01	0,13	0,13	0,13	0,15	0,20	0,20	0,04	0,04
3	Темно-каштановая карбонатно-солонцеватая	A 0-20	2,2	7,4	7,4	0,5	0,5	0,34	0,21	0,02	0,02	0,34	0,35	0,14	0,15	0,09	0,09	0,20	0,20
		B 21-59	2,0	7,4	7,3	0,5	0,5	0,17	0,32	-	-	0,27	0,32	0,13	0,14	0,39	0,40	0,10	0,10
		BC 60-92	0,2	7,5	7,5	0,8	0,80	0,15	0,37	-	-	0,50	0,52	0,22	0,23	0,41	0,41	0,20	0,20
		C 92-104	0,0	8,2	8,2	0,85	0,85	0,3	0,4	-	-	0,45	0,45	0,30	0,35	1,41	1,41	0,07	0,07
4	Темно-каштановая солончаковато-солонцеватая	A 0-28	2,8	7,4	7,4	0,70	0,70	0,4	0,45	0,02	0,02	0,53	0,50	0,14	0,17	0,31	0,30	0,10	0,10
		B 29-54	1,8	7,3	7,3	1,25	1,25	0,20	0,23	-	-	0,50	0,50	0,15	0,17	0,5	0,5	0,10	0,10
		BC 55-98	0,4	7,8	7,8	0,75	0,75	0,17	0,19	-	-	0,48	0,50	0,15	0,17	0,39	0,40	0,07	0,07
		C 100-120	0,0	8,2	8,3	1,10	1,20	0,19	0,19	-	-	0,32	0,30	0,23	0,14	0,40	0,40	0,03	0,03
5	Темно-каштановая нарушенная	A 0-16	1,8	7,6	7,7	0,63	0,60	0,23	0,40	0,2	0,2	0,03	0,02	0,13	0,15	0,20	0,22	0,10	0,10
		B 17-62	2,0	7,8	7,8	0,70	0,70	0,21	0,23	-	-	0,66	0,66	0,22	0,30	0,41	0,40	0,56	0,50
		BC 62-88	0,1	7,8	7,8	0,70	0,70	0,15	0,19	-	-	0,72	0,49	0,22	0,30	1,06	1,10	0,07	0,07
		C 89-100	0,0	8,1	8,1	0,85	0,85	0,17	0,37	-	-	0,84	0,81	0,56	0,56	0,98	1,00	0,10	0,10

ем генетических горизонтов почвенного профиля. В каждом горизонте отбирались образцы почв, которые анализировались для выявления физико - химических свойств и содержания тяжелых металлов в лаборатории экологии и биохимии Западно-Казахстанского государственного университета. В период исследований описано 36 почвенных разрезов и отобрано 144 почвенных образца для физико-химических анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы и почвенный покров территории Карачаганакского месторождения и его санитарно-защитной зоны достаточно хорошо изучены, благодаря регулярным исследованиям по программе экологического мониторинга [3-5].

В процессе исследований нами изучена сезонная динамика анионного и катионного состава солей на основе анализа водной вытяжки исследуемых почв (таблица 1). Из таблицы 1 следует, что все генетические горизонты весной и осенью характеризуются нейтральной и слабощелочной средой почвенного раствора, лишь иногда в темно - каштановых слабо щелбистых почвах (участок 2) материнская порода и гумусовый горизонт почвы имеют щелочную среду раствора 8,0 - 8,3.

Химизм засоления и степень засоления устанавливали по результатам анализа водной вытяжки. Солончаковатые и слабо солончаковатые почвы

Таблица 2 - Валовое содержание тяжелых металлов в темно-каштановой почве, мг/кг

Почвенные горизонты	Pb	Cd	Zn	Cu	pH
A 0-35	9,6	0,2	50,0	17,8	7,4
B 36-78	8,7	0,4	30,0	12,8	7,6
C 88-120	8,2	0,4	90,0	13,6	8,1

характерны только для нарушенного почвенного профиля на участках 4 и 5. Для всех обследованных участков характерно слабое хлоридное засоление, а по катионному составу натриево-кальциевое. Содержание кальция в верхних гумусовых горизонтах превышает сумму содержания натрия и магния, что указывает на отсутствие остаточного засоления почв.

По содержанию гумуса отличается участок 2, который находится между трассой Аксай - Илек и п. Бестау. Количество гумуса в горизонтах А и В здесь самое высокое и колеблется от 3,5 до 4,8 % (таблица 1). Очевидно, это связано с пожарами, в том числе, в предшествующем исследованию году. В результате пожара поверхность почвы и ее корнеобитаемые горизонты в значительной степени обогащаются не только зольными элементами, но и золой, а также углем, высокое содержание которого очевидно связано с большим обилием на участке кустарника – бобовника низкого (*Amygdalis nana*). Возможно, что часть гумуса является его обугленной фитомассой.

Зола имеет сильнощелочную реакцию (рН 9-12), а щелочь, как известно, является хорошим экстрагентом почвенного гумуса и содействует его транзиту из верхнего горизонта в нижележащие. В период осеннего описания почвенного разреза обнаружено содержание мелких частиц угля и золы в почвенных горизонтах на глубине 40-50 см, считаем, что это отразилось на увеличении содержания гумуса.

Особое место в исследовании почв промышленной зоны КНГКМ занимает вопрос их загрязнения тяжелыми металлами и устойчивость экосистем в целом к воздействию этого фактора. Методика комплексной оценки состояния и устойчивости экосистем, включая оценку их способности к самоочищению от загрязняющих веществ (ЗВ) предложена в работе В.В. Снакина [6]. В качестве одной из характеристик устойчивости экосистем некоторые ученые [7, 8], рассматривают состояние содержания тяжелых металлов (ТМ) в почве. Многие из них фиксируются в почве и переходят в слабо усвояемую форму для растительности. В таблице 2 приводятся результаты анализа отобранных нами образцов почв на валовое содержание ТМ, а их интерпретация дана в таблице 3.

Тяжелые металлы (ТМ) по токсичности подразделяются на 3 класса: элементы первого класса токсичности - свинец, кадмий, цинк; элементы второго класса - никель, медь, кобальт; и третьего класса - марганец и железо.

Из элементов первого класса токсичности больше всего накапливается цинк, затем свинец, на третьем месте стоит кадмий (таблица 3). Из той же таблицы видно, что количество подвижных форм свинца (Pb) колеблется от 0,5 до 3,1 мг/кг от общего его запаса, т. е. подвижные формы свинца меньше валового запаса в 2-5 раз, а иногда в 25 раз (на участке 3 в генетическом горизонте В (21-59)). Предельно допустимая концентрация (ПДК) свинца равна 32 и валовое его содержание его не превышает ПДК.

Таблица 3 - Сравнение содержания тяжелых металлов в почвах Карачаганакского месторождения (валовое содержание и подвижные формы, мг/кг)

№ участка	Почва	Горизонт и глубина отбора проб, см	Pb		Cd		Zn		Cu		Co		Ni		Fe		Mn	
			в*	п**	в	п	в	п	в	п	в	п	в	п	в	п	в	п
ПДК			32,0		0,5		23		3,0		5,0		4,0				1500	
1	Темно-каштановая карбонатная	A 0-24	7,0	2,0	1,1	0,7	35,1	1,3	11,1	0,3	19,2	4,1	34,2	3,9	12210	10,2	227	71,0
		B 25-60	4,4	1,7	0,7	0,6	25,0	1,3	9,5	0,3	14,7	6,8	28,3	3,2	10770	8,6	179	45,0
		Bc 61-107	8,3	3,1	1,2	-	33,5	2,3	11,9	1,0	18,4	16,1	32,0	8,3	9840	25,2	218	54,5
2	Темно-каштановая слабощербнистая	A 0-32	8,3	2,7	1,3	0,9	37,0	3,2	11,3	0,9	-	-	36,7	9,8	16230	33,5	305	130,0
		B 33-67	6,1	3,7	2,7	2,4	35,0	3,1	11,2	1,1	23,6	24,7	25,8	13,1	9840	46,2	158	123
		BC 68-120	7,0	3,1	2,6	2,0	26,0	3,6	10,5	1,6	33,1	23,0	37,2	12,1	13560	78,2	198	119,5
		C 120-150	8,7	2,9	1,1	0,8	31,5	4,2	9,2	1,8	28,9	25,0	39,1	11,2	11620	56,4	218	116,5
3	Темно-каштановая карбонатно-солончаковатая	A 0-20	8,2	1,8	1,1	0,5	37,5	1,5	13,5	0,5	22,9	9,1	37,1	5,2	15780	15,9	331	81,5
		B 21-59	12,9	0,5	1,0	0,6	42,0	1,4	13,8	0,3	21,8	6,9	37,3	5,5	17100	19,4	339	68,5
		BC 60-90	15,0	2,1	1,4	1,1	44,0	2,5	15,0	0,8	29,6	17,6	40,6	7,0	17760	9,2	251	52,0
4	Темно-каштановая солончаковато-солонцеватая	A 0-28	9,2	1,8	1,3	0,8	43,0	1,5	-	0,8	25,4	9,7	35,9	6,4	14130	15,9	290	67,5
		B 30-54	9,2	2,1	1,2	0,7	38,0	1,5	13,1	0,8	31,2	10,9	41,7	7,2	19355	19,4	316	66,5
		BC 56-98	9,9	3,0	1,5	1,3	35,0	2,5	12,5	1,0	25,4	10,9	39,5	6,6	17580	9,2	586	79,0
5	Темно-каштановая нарушенная	A 0-16	12,0	2,1	1,3	1,0	68,0	1,8	14,9	0,9	26,5	10,7	38,9	4,9	15660	14,5	229	88,0
		B 18-62	9,9	1,8	1,6	1,4	44,2	2,2	15,0	1,1	23,3	12,7	41,8	3,8	16710	24,00	208	72,0
		BC 64-88	9,2	3,1	1,4	1,2	38,5	2,8	14,5	1,6	26,9	17,8	39,5	8,4	16260	42,8	259	59,5
		C 90-150	8,1	2,9	1,0	0,8	31,0	3,2	11,3	1,8	23,0	18,1	35,7	7,2	11820	56,4	257	118,5

*в - валовая форма, **п - подвижная

Таблица 4 - Сравнение содержания подвижных и валовых форм тяжелых металлов (во сколько раз больше валовое содержание элемента от количества подвижных форм и % от общего запаса)

№	Почва	Горизонт и глубина отбора, см	Pb		Cd		Zn		Cu		Co		Ni		Fe		Mn	
			пр*	в %	пр	в %	пр	в %	пр	в %	пр	в %	пр	в %	пр	в %	пр	в %
1	Темно-каштановая карбонатная	A 0-24	3,5	28,57	1,5	63,6	26,9	3,7	37	2,7	4,6	21,4	8,8	11,4	1197	0,08	3,2	31,3
		B 25-60	2,59	38,64	-	-	19,2	5,2	31,6	3,2	2,2	46,2	9,1	10,9	1252	0,08	3,9	25,1
		BC 61-107	2,67	37,35	-	-	14,6	6,8	11,9	8,4	1,1	88,8	3,8	25,9	390	0,25	4,0	25,0
2	Темно-каштановая щебневая	A 0-32	3,07	32,53	1,4	64	11,5	8,6	12,5	8,0	-	-	3,7	26,7	484	0,20	2,3	42,6
		B 33-67	1,64	60,65	-	-	11,3	8,9	10,2	9,8	-	-	1,9	50,7	212,9	0,47	1,3	77,8
		BC 68-120	2,26	44,28	1,3	76	7,2	13,8	6,6	15,2	1,4	69,5	3,0	32,5	173,4	0,58	1,7	60,4
3	Темно-каштановая карбонатно-солонцеватая	C 120-150	3,03	32,95	1,3	72	7,5	13,3	5,1	19,6	1,2	86,5	3,5	28,6	206	0,48	1,9	53,4
		A 0-20	4,5	21,95	2,2	45	25,0	4,0	27,0	3,7	2,5	39,7	7,1	14,0	992,5	0,10	4,1	24,6
		B 21-59	25,8	3,8	1,6	60	30,0	3,3	46,0	2,2	3,1	31,7	6,8	14,7	881,4	0,10	4,9	20,2
4	Темно-каштановая солончаково-солонцеватая	BC 60-90	7,14	14,0	1,2	78	17,6	5,7	18,8	5,3	1,7	59,5	5,8	17,2	300	0,33	4,8	20,7
		A 0-28	5,11	19,56	1,6	61	28,6	3,9	15,6	6,4	2,5	38,2	5,6	17,8	888,6	0,11	4,3	23,3
		B 30-54	4,38	22,83	1,7	58	25,3	3,9	16,4	6,1	2,9	34,9	5,8	17,3	1011,2	0,10	4,8	21,0
5	Темно-каштановая нарушенная	BC 56-98	3,3	30,3	1,2	86	14,0	7,1	12,5	8,0	2,3	42,9	5,9	16,7	296,9	0,34	3,6	27,6
		A 0-16	5,7	17,5	1,3	76,9	37,7	2,6	6,5	6,0	2,4	40,4	7,9	12,6	1080	0,09	2,6	38,4
		B 18-62	5,5	18,2	1,1	87,5	20,1	4,9	13,6	7,3	1,8	54,5	11,0	9,0	696,2	0,14	2,9	34,6
		BC 64-88	2,96	33,7	1,1	85,7	13,8	7,3	9,0	11,0	1,5	66,2	4,7	21,3	379,9	0,26	4,4	22,9
		C 90-150	2,79	35,8	1,3	77,6	9,7	10,3	6,3	15,9	1,2	78,7	4,9	20,4	209,6	0,48	2,2	46,1

Кадмий (Cd) в почве до 87 % находится в подвижной форме. Валовое его содержание колеблется от 0,7 до 2,7 мг/кг. Много его в почвах участка 2, где был пожар. Содержание кадмия превышает ПДК от 1,4 до 5,4 (ПДК Cd-0,5). Валовое содержание цинка (Zn) колеблется от 25 до 68 мг/кг и, сравнительно больше его сосредоточено в гумусовом горизонте. В подвижном состоянии цинка немного, всего 2,6 - 13,8 % от общего содержания. ПДК Zn – 23 и в подвижном состоянии превышения нет.

Из химических элементов второго класса токсичности больше всего в почвенных горизонтах никеля (Ni). Валовое содержание его колеблется от 25,8 до 41,8 мг/кг, а в подвижной форме - от 3,1 до 13,1 мг/кг, т.е. от 10 до 50 %. Больше всего никеля сосредоточено в горизонте В и ВС. Количество валового содержания никеля превышает подвижные формы его от 3 до 11 раз. ПДК Ni-4. В подвижной форме превышает ПДК в 1,2 - 3,37 раз.

Второе место по валовому содержанию во второй группе токсичности занимает кобальт (Co) - от 14,7 до 33,1 мг/кг. Валовое количество кобальта превышает его среднее содержание в подвижном состоянии в 2,16 раза. ПДК Co-5. Превышает ПДК в подвижной форме в 1,36 - 5,0 раз.

Медь (Cu) в этой группе занимает третье место по

валовому содержанию, которое колеблется от 9,2 до 15 мг/кг, в подвижной форме ее от 2,7 до 19,6 %. Меди меньше всего в гумусовых горизонтах. ПДК Cu – 3 и она не превышает ПДК в подвижной форме.

Из третьей группы элементов по токсичности больше всего железа (Fe), но процент его в подвижной форме меньше единицы, чему, очевидно способствует слабощелочная среда почвенного раствора.

Содержание общего марганца (Mn) колеблется от 158 до 339 мг/кг, в подвижном состоянии его от 2,1 до 77,8 %. ПДК Mn - 1500 и его содержание не превышает ПДК.

При сравнении валового содержания тяжелых металлов в почве за 1993 и 2002 гг., наблюдается тенденция к некоторому увеличению количества свинца и значительному повышению содержания кадмия.

Значительная часть (75 %) территории промзоны КНГКМ характеризуется нарушенным почвенным и растительным покровом, из них около 25 % охвачено сетью газопроводов, а большая часть в настоящее время представлена выведенными из сельскохозяйственного оборота землями или залежами (50 %). Естественные экосистемы сохранились в отрицательных формах рельефа (овраги, балки) и занимают не более 25 %.

По загрязнению тяжелыми металлами почвы всей промзоны КНГКМ относятся к допустимой категории загрязнения ($Z_0 < 16$) и лишь 5 % от общей площади промзоны и санитарно-защитной зоны относятся к умеренно опасной категории загрязнения почв ($16 < Z_c < 32$) [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва. МГУ. 1970. 487 с.
2. Мякина Н.Б., Аринушкина Е.В. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. Москва. МГУ. 1979. 62 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из таблиц 3 и 4 видно, что накопление ТМ (валовое количество) несколько повышается в почвах при увеличении pH среды. Однако детоксикация почв ТМ отмечена при pH близкой к нейтральной, т.е. детоксикационный эффект не коррелирует с изменением pH среды. Многие исследователи [7-9] считают, что 2/3 - 3/4 почвенных соединений ТМ находятся в виде комплексов с гумусом. Тяжелые металлы в почвенном растворе могут встречаться как в ионной, так и в связанной форме, которые находятся в динамическом равновесии. Кроме того, в почве присутствуют и другие формы металлов, которые не участвуют в этом равновесии. К ним, в частности, относятся металлы из кристаллической решетки различных минералов. На процесс поведения ТМ в почвах накладывают существенное влияние и химические свойства конкретного металла. Например, кадмий в слабощелочной среде имеет высокую растворимость, достигающую до 89,7 % (таблица 4, участок 5, горизонт ВС, pH которого 7, 8), иногда при pH=8 в подвижном состоянии находится 64 % кадмия от общего его содержания, что повышает детоксикационный эффект этого токсичного элемента это необходимо уточнить при дальнейших исследованиях.

Некоторые исследователи отмечают связь накопления того или иного металла в зависимости от содержания катиона Са. Наши исследования показали, что железо, медь и цинк в связанном виде находятся в прямой зависимости от количества ионов кальция.

3. Почвы Уральской области. «Наука» Каз. ССР. Алма-Ата. 1967.
4. Мониторинг почв // Отчет Западно-Казахстанского ДГП «ГосНПЦзем» по проекту «Мониторинг почвенного, растительного покрова и животного мира промзоны КНГКМ и прилегающей территории». 2003.
5. Почвы и почвенный покров // Отчет Центра дистанционного зондирования и ГИС «Терра» по проекту «Мониторинг флоры и фауны внутрипромысловых трубопроводов КНГКМ. 2004.
6. Снакин В.В. и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем ВНИИ охраны природы. Препринт. 1992. 127 с.
7. Саэт Ю.Е., Смирнов Р.С. Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях. Вопросы географии №120. М.: Мысль. 1983.
8. Керженцев А.С. Механизм пространственно-временной изменчивости почв и экосистем. Экология и почвы. М. 199. С.31-58.
9. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А., Ажаев Г.С. Техногенное влияние на содержание химических элементов в почвах г. Павлодара // Материалы международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв». Москва. Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. С. 333-335.

RESUME

Results of researching to light of physically-chemical features of dark-chestnut soils during seasons and their pollution by heavy metal on territory of Karachaganak field are given in the article. Explored that all industrial zone is polluted by heavy metals in permissible value and only 5 % from all area of field and sanitary protected zone refer to mild dangerous category of pollution.

ТҮЙІН

Мақалада Қарашығанақ кен орны аймағындағы қара-қоңыр топырақтарының физика-химиялық көрсеткіштерінің мезгілдер бойы өзгерістері және олардың ауыр металлдармен ластануын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Барлық өндіріс аймағы топырақтарында ауыр металдар мөлшері рұқсат етілген деңгейде және кен орны мен санитарлы қорғау аумағының тек қана 5 %-да топырақтар орташа қауіпті деңгейдегі ластануға жататыны айқындалды.