

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ТУВЫ

Рассматриваются результаты агроэкологического мониторинга почв пахотного, пастбищного и сенокосного использования в степных котловинах Тувы. Приведено содержание и запасы подвижных форм микроэлементов в тувинских почвах разного сельскохозяйственного использования. Даны статистическая оценка содержания и основные закономерности пространственного распределения подвижных микроэлементов в почвах, приуроченных к разным котловинам региона. Рассчитаны коэффициенты техногенного накопления и запасы подвижных микроэлементов в пахотном слое почв реперных участков.

**Ключевые слова:** почвенный покров, тяжелые металлы, подвижные формы, коэффициент техногенного накопления, ПДК, Тува.

V.N. Zhulanova, A.N. Belek

## OBJECTIVE LAWS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF MICROCELLS IN THE SOILS OF TUVA

The results of agricultural and ecological monitoring of soils for arable, pasturable and haying use in steppe hollows in Tuva are considered. The composition and stocks of microcells mobile forms in the Tuva soils of different agricultural use are given. The statistical estimation of the composition and the basic laws of spatial mobile microcells distribution in the soils connected with different hollows of region are given. Coefficients of anthropogenic accumulation and stocks of mobile microcells in the arable layer of soils on the basic plots are calculated.

**Key words:** soil cover, heavy metals, mobile forms, factor of anthropogenic accumulation, MPC, Tuva.

**Введение.** По данным В.В. Добровольского [5], к основным факторам, влияющим на концентрацию элементов в почве, относятся гранулометрический состав, органическое вещество, почвообразующая порода, реакция среды, водный режим и интенсивность промывания почвенного покрова.

В настоящее время загрязнение тяжелыми металлами природной среды происходит в связи с интенсивной деятельностью человека. С развитием промышленности и глобальным техногенным загрязнением окружающей среды в последние десятилетия стали обращать внимание на микроэлементы. Основными объектами исследований стали территории промышленных городов и прилегающих к ним земель, особенно если на них выращиваются, а затем используются в пищу сельскохозяйственные растения. Поэтому в современном земледелии актуальным является контроль состояния загрязнения почв сельскохозяйственного использования тяжелыми металлами.

Принято считать, если концентрация элемента в почве высокая, тогда этот металл называют «тяжелым», а если содержание его соответствует невысокой концентрации, то его относят к микроэлементам. Поэтому термины микроэлементы и тяжелые металлы – категории качественные, а не количественные. Они привязаны к крайним вариантам экологической обстановки [7, 8]. При обсуждении результатов исследования мы пользуемся термином «микроэлемент».

Свинец, медь, цинк и кадмий являются малоподвижными металлами [4]. Наиболее токсичными считаются ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, ванадий, цинк, медь, кобальт, молибден и никель, поскольку они участвуют в активном биологическом круговороте веществ [11]. Тяжелые металлы As, Cd, Hg, Pb и Zn относятся к первому (высокому) классу по опасности, а Ni, Cu – ко второму (среднему) [1, 2].

Нормативной базой для оценки состояния загрязнения почв по содержанию микроэлементов в почве служат предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые количества (ОДК). Для экологической оценки применяются чаще всего фоновые концентрации или кларки соответствующих элементов, характерные для определенных территорий. Предельно допустимые концентрации содержания подвижных форм микроэлементов в почвах Тувы составляют: свинца 6 мг/кг, цинка 23 мг/кг, меди 3 мг/кг, кобальта 5 мг/кг и марганца 70 мг/кг [13].

**Цель работы** – выявление закономерностей пространственного распределения подвижных форм микроэлементов в почвах локального мониторинга Тувы.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований служили почвы сельскохозяйственного назначения, характеризующие почвенный покров 22 реперных участков в Турано-Уюкской, Улуг-Хемской, Хемчикской и Убсу-Нурской котловинах Тувы (табл. 1). Локальные реперные участки (РУ) были заложены специалистами ФГБУ ГС агрохимической службы «Тувинская» в соответствии с «Государственной программой мониторинга земель РФ», утвержденной Постановлением Правительства РФ №100 от 05.02.1993 г. Все РУ являются объектом агроэкологического мониторинга.

Наименование почв дано по классификации [9]. На каждом РУ площадью 10 га ежегодно в течение 1993–2010 гг. отбирали смешанные почвенные образцы (5) из слоя 0–20 см методом «конверта». Смешанный образец составлялся из 20 индивидуальных проб. Содержание подвижных форм меди, марганца, свинца, кобальта и цинка в почвенных образцах определялось в агрохимической лаборатории атомно-абсорбционный методом по Крупскому и Александровой (ГОСТ 50685-94). Статистическая обработка данных выполнена по программе Statistica.

**Результаты и обсуждение.** В Туве относительно невысокое техногенное загрязнение природной среды, так как в регионе практически нет промышленного производства с сопутствующими вредными выбросами и отходами. По материалам Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР РФ по Республике Тыва, выбросы вредных веществ в атмосферу составляют около 87 тыс. т, в т.ч. по г. Кызылу – 44 тыс. т.

Таблица 1  
Характеристика реперных участков агроэкологического мониторинга

Котловина	Но- мер РУ	Географические координаты		Угодье	Название почвы
		широта (северная)	долгота (восточная)		
Турано- Уюкская	03	52°09'09"	93°51'04"	Пашня	Агрочернозем текстурно-карбонатный легкосуглинистый
	15	52°01'09"	94°23'48"	Сенокос	Аллювиальная типичная гидро- метаморфическая супесчаная
Улуг-Хемская	04	51°17'44"	92°07'37"	Пастбище	Чернозем текстурно-карбонатный легко- суглинистый
	06	51°08'23"	93°40'38"	Пашня	Агрочернозем текстурно-карбонатный легкосуглинистый
	14	51°08'15"	94°32'10"	Пастбище	Чернозем текстурно-карбонатный легко- суглинистый
	16	50°59'42"	95°08'18"	Пашня	Агрочернозем текстурно-карбонатный легкосуглинистый
	01	51°51'26"	94°28'30"	Орошаемая пашня	Агрозем текстурно-карбонатный супесчаный
	02	51°35'59"	94°42'15"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
	12	51°31'17"	94°36'10"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
	13	51°41'19"	94°38'44"	Орошаемая пашня	Агрозем текстурно-карбонатный супесчаный
	21	51°42'38"	93°31'18"	Пашня	Агрозем текстурно-карбонатный супесчаный
	22	51°31'52"	94°31'41"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
	11	51°39'36"	94°23'40"	Пастбище	Каштановая типичная песчаная
	17	51°33'25"	93°23'41"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
Хемчикская	05	51°29'09"	92°46'43"	Сенокос	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая легкосуглинистая
	20	51°36'21"	95°10'51"	Пашня	Агрозем текстурно-карбонатный гидрометаморфизованный легкосуглинистый
	07	51°17'44"	92°07'33"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
	08	51°17'14"	91°28'03"	Пастбище	Каштановая типичная супесчаная
Убсу-Нурская	09	51°09'34"	90°38'21"	Орошаемая пашня	Агротемногумусовая аллювиальная типичная легкосуглинистая
	10	51°05'08"	90°37'19"	Пастбище	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая легкосуглинистая
	18	50°28'17"	94°53'57"	Сенокос	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая легкосуглинистая
	19	50°15'30"	95°11'17"	Пастбище	Аллювиальная типичная гидрометаморфическая супесчаная

Основными загрязнителями являются комбинаты «Тывакобалт» и «Тываасбест», хотя и работают не на полную мощность. Большая часть промышленных предприятий находится в городе Кызыле, здесь же размещается 60% жилого сектора. В частных домах недожог углей в печах накапливает в приземных слоях атмосферы высокие концентрации сажи, оксида азота и пыли. Загрязнение воздуха наблюдается в основном

зимой. В окружающую среду в Туве микроэлементы поступают от тепловой электростанции, транспорта, сжигания угля, небольшое количество – с внесением пестицидов и минеральных удобрений, в частности, с суперфосфатом, в котором содержатся значительные количества хрома, кадмия, кобальта, меди, никеля, ванадия, цинка и др. В последние годы возрастает поток автотранспорта, который обуславливает большее количество выбросов отработанных газов в атмосферу и загрязнение почвенного покрова [10, 12].

По содержанию подвижных форм микроэлементов все почвы реперных участков относятся к 1 группе эколого-токсикологической оценки, т.е. их концентрации ниже ПДК (ОДК). Содержание в почвах реперных участков меди находится в пределах: от 0,10 до 0,82 мг/кг, цинка – 0,70–7,27 мг/кг, свинца – 2,12–4,84 мг/кг, кобальта – 0,08–0,89 мг/кг, марганца – 8,4–47,8 мг/кг (табл. 2). Минимальное количество меди и кобальта наблюдается в почвах реперных участков Хемчикской котловины, цинка и марганца – Улуг-Хемской, свинца – Турено-Уюкской и максимальное – Убсу-Нурской котловины. Коэффициент вариации меди, цинка, свинца, колеблется от незначительного до среднего, а кобальта и марганца – от незначительного до высокого.

Содержание подвижной меди в агрочерноземах 0,14 мг/кг, в черноземах 0,16–0,27 мг/кг. В каштановых и аллювиальных почвах содержание меди ниже, чем в черноземах. На орошающей пашне количество меди выше, чем на богарных участках. В аллювиальных почвах Убсу-Нурской котловины самое высокое содержание меди 0,50–0,82 мг/кг, что связано с повышенным содержанием микроэлемента в почвообразующей породе.

Количество подвижного марганца изменяется в агрочерноземах от 14,9 до 27,6 мг/кг, а в каштановых – от 8,4 до 32,7 мг/кг. Более высокое содержание его наблюдается в почвах Улуг-Хемской котловины.

Концентрация кобальта в почвах Центрально-Тувинской котловины варьирует от 0,08 до 0,35 мг/кг, а в Убсу-Нурской котловине в аллювиальных почвах содержание кобальта в слое 0–20 см 0,81–0,89 мг/кг.

Содержание подвижного цинка в Центрально-Тувинской котловине в почвах любого сельскохозяйственного использования находится в пределах 0,70–2,74 мг/кг. Более высоким содержанием цинка характеризуются почвы пашни РУ-06 и РУ-20, что связано с последствием неправильного орошения, и естественные сенокосы и пастбища Убсу-Нурской котловины.

По средневзвешенному содержанию подвижного свинца каштановые почвы несущественно отличаются от черноземов. Более высокое содержание этого микроэлемента отмечено в аллювиальных почвах на сенокосных угодьях в Улуг-Хемской (РУ-05) и Убсу-Нурской котловинах.

По данным В.М. Соловьевой [14], отмечено, что в 1998–2002 годах в среднем содержание подвижных микроэлементов в пахотных почвах региона (234,3 тыс. га) находятся ниже ПДК.

Пестрота содержания микроэлементов в почвах обусловлена специфическими условиями почвообразования, особенностями минералогического состава почвообразующих пород и неоднородностью почвенно-го покрова региона. В последние годы на накопление микроэлементов в природной среде влияет антропогенная деятельность человека.

Таблица 2  
Статистические параметры подвижных форм микроэлементов в слое 0–20 см, мг/кг

Котловина	Угодье	Номер РУ	n	Cu		Zn		Pb		Co		Mn	
				X±Sx	V	X±Sx	V	X±Sx	V	X±Sx	V	X±Sx	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Турено-Уюкская	Пашня	03	13	0,25±0,007	8	0,76±0,02	10	2,41±0,10	15	0,15±0,003	7	18,0±0,81	16
	Сенокос	15	13	0,12±0,01	25	1,32±0,06	17	2,12±0,16	28	0,11±0,007	18	21,9±2,69	43
Улуг-Хемская	Пастбище	04	13	0,16±0,004	6	1,46±0,05	12	2,40±0,12	18	0,10±0,005	20	16,3±1,10	24
	Пашня	06	13	0,14±0,01	21	3,62±0,13	12	2,62±0,19	26	0,13±0,01	46	27,6±2,24	29
	Пастбище	14	13	0,27±0,02	26	1,64±0,07	15	2,55±0,08	12	0,22±0,02	32	22,5±2,23	34
	Пашня	16	13	0,25±0,02	24	1,32±0,07	20	2,57±0,07	11	0,13±0,02	46	14,9±0,87	20
	Орошаемая пашня	01	13	0,24±0,007	8	1,95±0,10	19	2,93±0,11	13	0,18±0,005	11	18,7±0,93	18
	Пастбище	02	13	0,16±0,006	12	1,31±0,03	8	2,37±0,07	11	0,15±0,007	13	25,3±2,30	33
	Пастбище	12	13	0,20±0,01	25	0,85±0,03	14	2,32±0,13	21	0,16±0,01	31	14,2±1,03	26
	Орошаемая пашня	13	14	0,36±0,02	19	3,26±0,29	32	3,70±0,26	26	0,19±0,007	16	32,7±1,82	20
	Пашня	21	9	0,12±0,004	8	0,70±0,03	11	0,83±0,01	5	0,10±0,003	10	9,2±0,23	7
	Пастбище	22	4	0,19±0,006	5	1,75±0,05	6	2,44±0,07	6	0,16±0,002	3	8,4±0,92	22
	Пастбище	11	13	0,23±0,02	30	1,35±0,07	19	2,72±0,07	10	0,22±0,02	32	12,6±0,67	19
	Пастбище	17	12	0,16±0,004	6	2,74±0,04	5	2,97±0,09	10	0,11±0,003	9	17,2±1,05	20
	Сенокос	05	13	0,21±0,02	33	2,43±0,15	22	4,26±0,21	18	0,21±0,01	24	40,5±4,06	36
	Пашня	20	10	0,30±0,02	17	6,81±0,03	1	3,37±0,09	9	0,35±0,009	8	26,6±0,87	10

Окончание табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Хемчикская	Пастбище	07	12	0,10±0,004	10	1,69±0,05	11	2,32±0,05	7	0,08±0,003	12	10,2±0,56	20
	Пастбище	08	13	0,15±0,01	20	0,75±0,04	17	2,22±0,11	18	0,11±0,006	18	9,6±0,65	24
	Орошаемая пашня	09	16	0,27±0,01	18	1,35±0,03	8	2,38±0,10	17	0,16±0,03	56	17,9±1,25	25
	Пастбище	10	16	0,15±0,01	27	1,28±0,03	8	2,43±0,13	21	0,15±0,01	27	29,3±3,11	42
Убсу-Нурская	Сенокос	18	11	0,82±0,02	6	7,27±0,18	8	4,84±0,16	11	0,89±0,03	13	47,8±0,10	21
	Пастбище	19	11	0,50±0,01	8	5,80±0,04	2	4,48±0,21	16	0,81±0,02	9	18,3±0,84	15

Для сравнения скажем, что в почвах земледельческой части Красноярского края со средствами химизации поступает незначительное количество микроэлементов, которые не ухудшают экологическую ситуацию в регионе и не оказывают отрицательного влияния на сельскохозяйственные культуры [3]. Нет резких негативных изменений в содержании микроэлементов в почвах на 106 реперных участках локального мониторинга в Красноярском крае [15]. Это объясняется провинциальными особенностями почв края: высокой гумусированностью, pH почвенного раствора, тяжелым гранулометрическим составом. И только участки, которые расположены в зоне Красноярского алюминиевого завода, загрязнены водорастворимым фтором (от 2,5 до 8 ПДК), но по мере удаления от источника оно снижается до допустимой концентрации.

Для оценки возможного техногенного загрязнения подвижными формами микроэлементов тувинских пахотных и пастбищных угодий воспользуемся коэффициентом техногенного накопления ( $K_{TH}$ ) (табл. 3). По мнению [6], коэффициент техногенного накопления представляет собой отношение содержания микроэлемента в слое 0–20 см в 2009 году к его содержанию в этом же слое в 1997 году (начало наблюдений).

За 1997–2009 годы наблюдений наибольшее загрязнение подвижными формами меди наблюдалось на пашне, а цинка, свинца, марганца, кобальта – на пастбище. Коэффициент техногенного накопления в слое 0–20 см на реперных участках варьирует цинка от 0,7 до 1,9, меди – 0,6–2,5, свинца – 0,6–2,0, марганца – 1,2–3,7, кобальта – 0,4–1,8.

Высокое  $K_{TH}$  (более 2,0) марганца на реперных участках 06, 16, 02, 12, 11, 05, 08, 18, свинца на участках 03 и 08. Самыми загрязненными отмечаются почвы сенокосных и пастбищных угодий Улаг-Хемской котловины (РУ-02, РУ-05), которые расположены вблизи угольных разрезов, где проводится добыча открытым способом. Коэффициент техногенного накопления свинца отнесен на мониторинговых площадках, которые проходят вблизи автомобильных дорог.  $K_{TH}$  меди, цинка и кобальта ниже 2,0. В этом случае можно говорить о слабом техногенном накоплении или не накоплении микроэлементов.

Таблица 3  
Коэффициент техногенного накопления подвижных форм микроэлементов в слое 0–20 см почв реперных участков

Котловина	Угодье	Номер РУ	Годы наблюдений	Содержание микроэлемента, мг/кг				
				Cu	Zn	Pb	Mn	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Турано-Уюкская	Пашня	03	1997	0,25	0,64	1,23	16,6	0,14
			2009	0,28	0,83	2,46	19,6	0,16
			$K_{TH}$	1,1	1,3	2,0	1,2	1,1
	Сенокос	15	1997	0,17	1,40	1,31	15,7	0,08
			2009	0,11	1,48	2,50	27,2	0,10
			$K_{TH}$	0,6	1,1	1,9	1,7	1,2
Улаг-Хемская	Пастбище	04	1997	0,14	1,05	1,60	11,3	0,14
			2009	0,16	1,60	2,24	16,6	0,10
			$K_{TH}$	1,1	1,5	1,4	1,5	0,7
	Пашня	06	1997	0,11	2,28	2,12	16,2	0,11
			2009	0,12	3,89	2,63	34,3	0,11
			$K_{TH}$	1,1	1,7	1,2	2,1	1,0
	Пастбище	14	1997	0,13	1,26	2,15	15,2	0,15
			2009	0,32	1,82	2,61	22,1	0,26
			$K_{TH}$	2,5	1,4	1,2	1,4	1,7

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хемчикская Убогу-Нурская	Пашня	16	1997	0,31	0,83	2,10	6,4	0,21
			2009	0,26	1,53	2,73	17,5	0,20
			K <sub>TH</sub>	0,8	1,8	1,3	2,7	0,9
	Орошаемая пашня	01	1997	0,23	1,21	3,84	15,2	0,16
			2009	0,28	2,30	2,90	22,9	0,18
			K <sub>TH</sub>	1,2	1,9	0,8	1,5	1,1
	Пастбище	02	1997	0,16	1,35	2,40	6,2	0,12
			2009	0,15	1,40	1,56	23,0	0,14
			K <sub>TH</sub>	0,9	1,04	0,6	3,7	1,2
	Пастбище	12	1997	0,22	1,02	1,29	5,7	0,26
			2009	0,16	0,83	2,20	15,9	0,10
			K <sub>TH</sub>	0,7	0,8	1,7	2,8	0,4
	Орошаемая пашня	13	1997	0,23	3,79	2,27	18,4	0,20
			2009	0,22	3,71	2,51	26,4	0,12
			K <sub>TH</sub>	0,9	0,9	1,1	1,4	0,6
	Пашня	21	2001	0,12	0,52	0,74	8,2	0,10
			2009	0,12	0,78	0,86	9,8	0,10
			K <sub>TH</sub>	1,0	1,5	1,2	1,2	1,0
	Пастбище	22	2005	0,20	1,68	2,36	7,2	0,16
			2009	0,18	1,90	2,66	11,1	0,16
			K <sub>TH</sub>	0,9	1,1	1,1	1,5	1,0
	Пастбище	11	1997	0,11	0,93	2,50	5,8	0,08
			2009	0,20	1,40	2,51	16,0	0,18
			K <sub>TH</sub>	1,8	1,5	1,0	2,7	2,2
	Пастбище	17	1998	0,14	2,83	3,29	14,6	0,09
			2009	0,15	2,84	2,88	17,1	0,12
			K <sub>TH</sub>	1,1	1,0	0,9	1,2	1,3
	Сенокос	05	1997	0,25	1,65	3,00	16,9	0,29
			2009	0,29	1,20	3,58	53,4	0,26
			K <sub>TH</sub>	1,2	0,7	1,2	3,1	0,9
	Пашня	20	2000	0,21	6,71	3,33	21,6	0,37
			2009	0,32	6,83	2,91	26,8	0,28
			K <sub>TH</sub>	1,5	1,02	0,9	1,2	0,7
	Пастбище	07	1997	0,12	1,57	2,15	7,8	0,07
			2009	0,09	1,76	2,36	11,5	0,09
			K <sub>TH</sub>	0,7	1,1	1,1	1,5	1,3
	Пастбище	08	1997	0,12	0,94	1,10	4,2	0,07
			2009	0,17	0,75	2,20	11,8	0,13
			K <sub>TH</sub>	1,4	0,8	2,0	2,8	1,8
	Орошаемая пашня	09	1997	0,21	1,28	2,64	10,5	0,15
			2009	0,30	1,45	1,91	19,3	0,26
			K <sub>TH</sub>	1,4	1,1	0,7	1,8	1,7
	Пастбище	10	1997	0,21	1,12	2,70	19,6	0,26
			2009	0,17	1,32	2,60	39,1	0,12
			K <sub>TH</sub>	0,8	1,2	0,9	1,9	0,5
	Сенокос	18	1999	0,68	8,78	3,92	24,4	1,22
			2009	0,85	7,14	5,30	52,7	0,80
			K <sub>TH</sub>	1,2	0,8	1,3	2,1	0,6
	Пастбище	19	1999	0,47	5,64	2,96	10,1	0,82
			2009	0,45	5,93	4,44	19,1	0,63
			K <sub>TH</sub>	0,9	1,05	1,5	1,9	0,8

Таким образом, техногенное накопление подвижных форм микроэлементов прослеживается на почвах за счет антропогенного влияния – нерациональное применение больших доз минеральных и органических удобрений, агрохимикатов, складирование минеральных удобрений, близость аэропорта, комбинатов

«Тывакобальт» и «Тываасбест» и др. Пахотные почвы отличаются меньшим накоплением микроэлементов, чем почвы сенокосов и пастбищ. Высокое накопление микроэлементов наблюдается в Улуг-Хемской котловине, это, по-видимому, связано с тем, что здесь больше сосредоточено жилых и промышленных зон Тувы.

Запасы подвижных микроэлементов в пахотном слое почв реперных участков представлены в таблице 4. Видно, что запасы микроэлементов в почвах широко варьируют. Это обусловлено содержанием микроэлементов в почвах, физическими свойствами почв и удаленностью или близостью локальных площадок от источника загрязнения.

Таблица 4  
Запасы подвижных микроэлементов в слое 0–20 см, кг/га

Котловина	Угодье	Номер РУ	Микроэлемент				
			Cu	Zn	Pb	Mn	Co
Турано-Уюкская	Пашня	03	0,5	1,6	5,1	38,1	0,3
	Сенокос	15	0,3	2,9	4,7	48,2	0,2
Улуг-Хемская	Пастбище	04	0,3	3,1	5,2	35,2	0,2
	Пашня	06	0,3	7,7	5,5	58,5	0,3
	Пастбище	14	0,6	3,5	5,5	48,6	0,5
	Пашня	16	0,6	3,2	6,2	35,7	0,3
	Орошаемая пашня	01	0,6	4,9	7,4	47,5	0,5
	Пастбище	02	0,4	3,4	6,1	65,3	0,4
	Пастбище	12	0,5	2,2	5,9	36,6	0,4
	Орошаемая пашня	13	0,9	8,3	9,4	83,0	0,5
	Пашня	21	0,3	1,8	2,1	23,3	0,2
	Пастбище	22	0,5	4,5	6,3	21,7	0,4
	Пастбище	11	0,6	3,5	7,1	33,0	0,6
	Пастбище	17	0,4	7,2	7,8	45,1	0,3
	Сенокос	05	0,5	5,3	9,4	89,1	0,5
	Пашня	20	0,6	12,9	6,4	50,5	0,6
Хемчикская	Пастбище	07	0,3	4,4	5,9	26,3	0,2
	Пастбище	08	0,4	1,9	5,7	24,8	0,3
	Орошаемая пашня	09	0,6	2,9	5,1	38,6	0,3
	Пастбище	10	0,3	2,8	5,3	64,4	0,3
Убсу-Нурская	Сенокос	18	1,8	15,9	10,6	105,1	1,9
	Пастбище	19	1,1	12,7	9,8	40,2	1,8

Запасы в слое 0–20 см изученных почв меди колеблются от 0,3 до 1,8 кг/га, цинка – 1,6–15,9 кг/га, свинца – 2,1–10,6 кг/га, марганца – 21,7–105,1 кг/га, кобальта – 0,21–1,9 кг/га. В пахотном слое почв максимальные запасы микроэлементов наблюдаются на РУ-18. Этот участок расположен на естественных сенокосных угодьях в Убсу-Нурской котловине, в предгорье Восточного Танну-Ола, на аллювиальной темногумусовой гидрометаморфической маломощной легкосуглинистой почве, которая подвержена ветровой эрозии. Высокие запасы в слое 0–20 см в аллювиальной почве можно объяснить тем, что в почвообразующей породе содержится повышенное количество микроэлементов. Так, валовое содержание меди равно 29,1 мг/кг, цинка – 82,1 мг/кг и свинца – 17,1 мг/кг.

**Заключение.** Почвы Тувы характеризуются пониженным содержанием подвижных микроэлементов в верхнем слое почвенного покрова, ниже значений ПДК (ОДК). Пространственное распределение микроэлементов в почвах определяется эколого-генетическими свойствами почв и концентрацией элементов в горной породе. Пахотные почвы, кроме поливных, отличаются меньшим содержанием и накоплением микроэлементов, чем почвы сенокосов и пастбищ. Необходимо заметить, что за 10-летний период изучения динамики микроэлементов почти на всех мониторинговых площадках наблюдается понижение уровней концентрации в

последние годы. Процесс загрязнения почвенного покрова замедляется в связи с сокращением промышленных предприятий в регионе.

В заключение можно сказать, что контроль содержания микроэлементов в почвах необходим, так как неконтролируемое загрязнение окружающей среды угрожает здоровью людей, сельскохозяйственным животным и растениям.

### **Литература**

1. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // *Почвоведение*. – 2010. – №10. – С. 1276–1280.
2. Загрязнение почв выбросами предприятий цветной металлургии / Ю.Н. Водяницкий [и др.] // *Почвоведение*. – 2011. – № 2. – С. 240–249.
3. Волошин Е.И. Баланс тяжелых металлов в почвах Средней Сибири // *Почвы Сибири: особенности функционирования и использования* / под ред. В.В. Чупровой, Л.Р. Мукиной. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – С. 118–121.
4. Глазовская М.А. Методические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: метод. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 102 с.
5. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. – М.: Высш. шк., 1998. – 411 с.
6. Егунова Н.А. Мониторинг экологического состояния почв в зоне техногенного воздействия Саяногорского алюминиевого завода. – Абакан: Изд-во Хакас. гос. ун-та им. Н.Ф. Катанова, 2009. – 116 с.
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва – растение». – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
8. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
9. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост.: В.Д. Тонконогов [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
10. Колмаков Г.В. Социально-экономические и экологические проблемы устойчивого развития Республики Тыва // Убсу-Нурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии: мат-лы VIII междунар. Убсу-Нурского симпоз. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2004. – С. 163–165.
11. Кулиева Е.Н. Загрязнение тяжелыми металлами техногенных почв Абшерона // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. мат. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участ. / под ред. С.П. Кулижского, Е.В. Каллас, С.В. Лойко. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – Т. 3. – С. 129–132.
12. Курбатская С.С., Андрейчик М.Ф. Тяжелые металлы в почвах Республики Тыва // Убсу-Нурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии: мат-лы VIII междунар. Убсу-Нурского симпоз. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2004. – С. 166–168.
13. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. – М., 2003. – 195 с.
14. Соловьевева В.М. Содержание микроэлементов в почвах Республики Тыва // Научное обеспечение АПК аридных территорий Центрально-Азиатского региона: мат-лы междунар. конф. (10–12 апр. 2007 г.). – Новосибирск, 2008. – С. 282–288.
15. Танделов Ю.П., Патрина М.С. Современное состояние плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в Красноярском крае // *Почвы Сибири: особенности функционирования и использования*. – Вып. 4 / под ред. В.В. Чупровой, Н.Г. Рудого, Н.Л. Кураченко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2012. – С. 37–43.

