

5. Ильясов Р.Г., Алексахин Р.М., Фисинин В.И. Методология исследований и экспериментов в агроэкологии при различных типах техногенеза // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 2. – С. 3-17.

6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье / Государственный комитет санэпиднадзора РФ. – М., 1992. – 35 с.

7. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара, 1997. – 220 с.

8. Бузмаков В.В., Москаев Ш.А. Природопользование и сельскохозяйственная экология. – М., 2005. – 477 с.

9. Васин В.Г., Васин А.В., Ельчанинова Н.Н. Растениеводство. – Самара, 2009. – 528 с.



УДК 631.46

**В.Н. Жуланова,
В.М. Соловьева,
В.В. Чупрова**

ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ТУВЫ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА РЕПЕРНЫХ УЧАСТКОВ

Ключевые слова: почвенный мониторинг, почва, пашня, сенокосы, пастбище, аллювиальная почва, гумус, тяжелые металлы.

Широкое распространение в Туве имеют аллювиальные почвы, которые занимают долины больших и малых рек. Пойменные почвы в Туве являются продуктивными сельскохозяйственными угодьями. В регионе они в основном используются как сенокосно-пастбищные угодья. При использовании их под пашню возможно возникновение ряда негативных явлений, приводящих к ухудшению физико-химических свойств этих почв. Поэтому основной задачей агроэкомониторинга является контроль и наблюдение за состоянием основных блоков «почва-растения». Изменение свойств почв в основном следует в результате антропогенных нагрузок. В связи с этим необходим мониторинг для исследования последствий процессов, происходящих при сельскохозяйственном использовании почв.

Цель работы заключается в обобщении полученных материалов агроэкомониторинга аллювиальных почв реперных участков на земледельческой территории Тувы.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служили аллювиальные почвы, характеризующие почвенный покров реперных участков (РУ), которые заложены в Турано-Уюкской, Улуг-Хемской, Хемчикской и Убсу-Нурской котловинах Тувы (табл. 1). Локальные участки были заложены специалистами ФГУ ГС аг-

рохимической службы «Тувинская» в соответствии с «Государственной программой мониторинга земель РФ», утвержденной постановлением Правительства РФ № 100 от 05.02.1993 г. Наименование почв дано по классификациям 1977 и 2004 гг. [1, 2].

Отбор почвенных образцов проводился в заложенных почвенных разрезах методом колонки через каждые 20 см до глубины 100 см в 1994-2008 гг., а из верхнего 0-20 см слоя – ежегодно с 1993 по 2010 гг.

Основные химические и физико-химические показатели в почвенных образцах определены в агрохимической лаборатории по стандартным методикам: гумус – по Тюрину, подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину в модификации ЦИНАО, рН водной вытяжки – потенциометрическим методом, емкость поглощения – по Бобко-Аскинази, подвижные соединения меди, цинка, кадмия и свинца – по Крупскому и Александровой, валовое содержание меди, цинка, кадмия и свинца – атомно-абсорбционным методом.

Статистическая обработка данных выполнена по программе Statistica.

Результаты и их обсуждение

Аллювиальные почвы в регионе занимают большую площадь и находятся во всех котловинах. Пойменных почв около 354 тыс. га, или 2% от общей площади республики. Занято под пашней около 8%, сенокосами – 12, пастбищами – 62% от площади сельскохозяйственных угодий. Бонитет аллювиальных почв – 46 баллов.

Характеристика реперных участков агроэкологического мониторинга

Котловина	№ реперного участка	Географические координаты		Угодье	Название почвы по классификации	
		широта (северная)	долгота (восточная)		1977 г.	2004 г.
Турано-Уюкская	05-15	52°01'09"	94°23'48"	Сенокос	Аллювиальная дерновая маломощная супесчаная на аллювии	Аллювиальная типичная гидрометаморфическая мелкая малогумусированная супесчаная на аллювии
Улуг-Хемская	03-05	51°29'09"	92°46'43"	Сенокос	Аллювиальная дерновая солончаковатая средне-суглинистая на аллювии-пролювии	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая засоленная мелкая сильно гумусированная среднесуглинистая на аллювии-пролювии
Хемчикская	04-09	51°09'34"	90°38'21"	Орошаемая пашня	Аллювиальная дерновая остепненная маломощная легко-суглинистая на песчано-галечниковом аллювии	Агротемногумусовая аллювиальная типичная мелкопашотная малогуму-сированная легкосуглинистая на песчано-галечниковом аллювии
	04-10	51°05'08"	90°37'19"	Пастбище	Аллювиальная дерновая остепненная маломощная легко-суглинистая на легкосуглинистом аллювии-пролювии	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая мелкая малогуму-сированная легкосуглинистая на легкосуглинистом аллювии-пролювии
Убсу-Нурская	05-18	50°28'17"	94°53'57"	Сенокос	Аллювиальная дерновая маломощная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях	Аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая мелкая сильно гумусированная легкосуглинистая на аллювиальных отложениях
	05-19	50°15'30"	95°11'17"	Пастбище	Аллювиальная дерновая остепненная карбонатная маломощная супесчаная на песчаном аллювии	Аллювиальная типичная гидрометаморфическая мелкая слабо гумусированная супесчаная на песчаном аллювии

Аллювиальные дерновые почвы развиваются преимущественно под лугово-разнотравно-злаковой растительностью различного видового состава: костер ржаной, вейник ложнотростниковый, мятлик широкометельчатый, житняк гребенчатый, пырей ползучий, карагана карликовая, астра сибирская, полынь серая [3].

В степных котловинах Тувы выделяют аллювиальные слоистые, аллювиальные дерновые, аллювиальные дерновые остепненные, аллювиальные заболоченные, аллювиальные дерновые солончаковатые почвы [4].

Профили аллювиальных почв имеют довольно однородную светло-сероватую окраску, неясно-комковатую структуру в верхних горизонтах, сменяющуюся на бесструктурное состояние в нижних. Легкосуглинистый гранулометрический состав и рыхлое сложение отмечаются только в пахотном слое, глубже сложение становится плотным, а гранулометрический состав – песчаным.

Тувинские аллювиальные почвы образуются под влиянием дернового процесса. В верхнем слое формируется гумусовый горизонт, а в горизонте С имеется наличие ржавых, охристых пятен, иловатых прослоек в супесчаной и связно-песчаной массе.

В современном почвообразовательном процессе уже нет аккумуляции свежего аллювия, поэтому идет довольно интенсивное

и быстрое остепнение аллювиальной дерновой почвы.

Аллювиальные почвы региона карбонатные, но карбонаты распределяются по профилю неравномерно и не образуют четко выделяющегося карбонатного горизонта.

Среднее содержание гумуса в слое 0-20 см аллювиальной почвы Улуг-Хемской котловины (из 4 разрезов) равняется $4,9 \pm 0,15\%$, а коэффициент вариации – 6%, что, по оценкам В.И. Савич [5], свидетельствует о незначительной изменчивости содержания гумуса. Содержание гумуса в слое 20-40 см снижается в 3 раза, а в слое 40-60 см – почти в 6 раз, коэффициент вариации средний.

По содержанию подвижного фосфора в слое 0-20 см почва относится к средней группировке, а обменного калия – повышенной, по приведенным показателям содержание постепенно снижается с глубиной. Коэффициент вариации обменного калия и подвижного фосфора незначительный в слое 0-20 см, но с глубины 20 см начинает приближаться к среднему и высокому соответственно.

Реакция среды нейтральная и коэффициент вариации 6-7%. Содержание обменного кальция и магния очень высокое, со средним отношением Ca:Mg порядка 3:1.

На орошаемой пашне Хемчикской котловины в пахотном слое содержится 1,75%

гумуса, который постепенно снижается с глубиной. Коэффициент вариации колеблется от небольшого в верхних слоях до среднего в слое 60-80 см. Подвижными формами фосфора и калия в слое 0-20 см обеспеченность средняя.

Содержание обменного кальция среднее, а магния – повышенное. Коэффициент вариации обменного магния по всему профилю очень высокий, а кальция – от среднего в слое 0-20 см до очень высокого на глубине 60-80 см. Реакция среды слабощелочная и коэффициент вариации незначительный.

На пастбище в Хемчикской котловине в аллювиальной почве в слое 0-20 см среднее содержание гумуса равно $3,05\% \pm 0,30$, коэффициент вариации – 20% [5], что свидетельствует о небольшой изменчивости содержания гумуса. Реакция среды нейтральная и коэффициент вариации незначительный. Емкость поглощения повышенная – 16 мг-экв/100 г почвы. В верхнем слое отмечается средняя обеспеченность подвижными формами фосфора и повышенная – обменным калием, варьирование 19 и 58% соответственно.

В Убсу-Нурской котловине на пастбище содержится меньше гумуса на 1,03%, чем в почве Хемчикской котловины, и на 2,58%, чем в почве Улуг-Хемской. Содержание подвижного фосфора низкое, обменного калия – среднее.

На рисунке 1 показаны изменения гумуса и подвижных форм фосфора и калия в аллювиальных почвах разного сельскохозяйственного использования. За 15 лет содержание гумуса в слое 0-20 см в исследуемых почвах изменялось незначительно. Снижение гумуса на пашне и сенокосно-пастбищных угодьях происходило до 2001 г., после чего наблюдается небольшое повышение.

На пашне Хемчикской котловины (РУ 04-09) в 1994 г. содержание гумуса 1,58%, 1999 г. – 1,43, 2008 г. – 1,72%. Содержание обменного калия за 15-летний период изменяется: в начале мониторинга соответствует повышенной градации, с 2005 г. – средней. Содержание подвижного фосфора колеблется от высокой градации (1994 г.) до средней (2008 г.).

На сенокосах Улуг-Хемской и Убсу-Нурской котловин содержание гумуса больше в 1,5-1,9 раза, чем Турано-Уюкской. Во всех почвах РУ содержание подвижного фосфора соответствует средней градации, а обменного калия в Улуг-Хемской котловине колеблется от повышенной в 1994 г. до низкой в 2000-2001 гг. и средней в 2008 г., в Убсу-Нурской – от низкой (1999 г.) до средней (2009 г.), а в

Турано-Уюкской – от повышенной в начале обследования до средней в 2009 г.

На пастбище в Хемчикской котловине содержание гумуса уменьшилось с 1994 г. к 2008 г. в 1,7 раза, а в Убсу-Нурской – увеличилось в 1,5 раза. Подвижный фосфор в почвах Хемчикской котловины колеблется в период 2000-2008 гг. незначительно: от 24 до 30 мг/кг, в Убсу-Нурской – от 15 до 20 мг/кг, а обменный калий – от средней градации до повышенной.

Резкое повышение в содержании гумуса на РУ 03-05 с 1998 г., по всей видимости, можно объяснить тем, что произошло восстановление травостоя на сенокосе при временной изоляции данного участка от сенокоса [6], а в дальнейшем сенокосные угодья стали более рационально использоваться. Снижение содержания гумуса на РУ 05-18, возможно, связано с размещением около РУ стойбища животных, а также прогона скота к местам пастбы.

По утверждению некоторых авторов, на продуктивность степей Убсу-Нурской котловины влияют различные режимы выпаса [6, 7]. Уже впервые два года заповедывания происходит восстановление растительности, особенно в составе доминантов, а основные закономерности в структуре растительного вещества проявляются после 6-8-летнего восстановления.

Почвенно-поглощающий комплекс в аллювиальных почвах любого сельскохозяйственного использования насыщен кальцием и магнием, причем содержание кальция значительно превышает содержание магния в 2,5-4 раза.

Итак, динамика содержания гумуса в аллювиальных почвах на реперных участках в слое 0-20 см выявила снижение в начальный период локального мониторинга и стабилизацию после 2000 г. как под влиянием природного, так и антропогенного воздействия. Снижение органического вещества почвы в 1991-2000 гг. можно объяснить тем, что в этот период в почву органически не вносились минеральные и органические удобрения, а также нерационально использовались сенокосы и пастбища.

Республика Тува относится к регионам с относительно невысоким техногенным загрязнением природной среды, так как в регионе практически нет промышленного производства с сопутствующими вредными выбросами и отходами. Контроль над загрязнением почв тяжелыми металлами входит в агроэкологический мониторинг. Выявлено, что почвы сельскохозяйственного использования экологически безопасны. Основными показателями оценки геохимического состояния почв являются данные содержания тяжелых металлов в почвах. Валовое коли-

чество тяжелых металлов показывает общую загрязненность почвы, но не отражает степени доступности элементов для растений.

Свинец, медь, цинк и кадмий относятся к группе малоподвижных тяжелых металлов

[8], тяжелые металлы Cd, Pb и Zn – первый (высший) класс опасности, а Cu – второй (средний) [9, 10]. Величина кларка составляет для Cu 33 мг/кг, Cd – 0,5, Pb – 55 и Zn – 32 мг/кг.

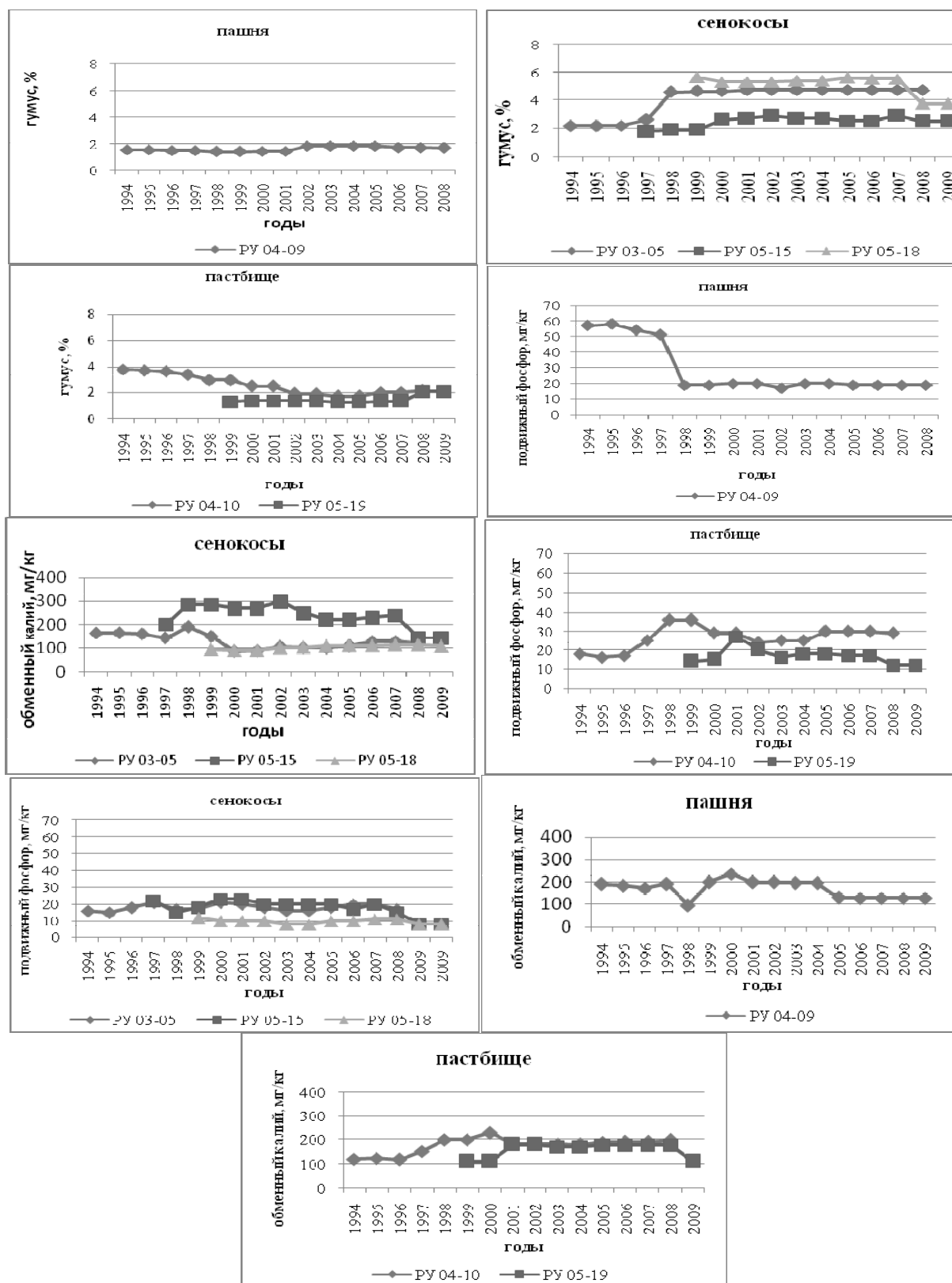


Рис. 1. Изменение гумуса, подвижных форм фосфора и калия в аллювиальных почвах в слое 0-20 см

Средние показатели фоновых концентраций меди, свинца, кадмия в почвах находятся в пределах второй группы экологотоксикологической оценки по валовому содержанию тяжелых металлов, при незначительных и средних значениях коэффициента варьирования признака (1-32%), что не представляет опасности для здоровья человека и животных. Незначительное превышение ПДК наблюдается на естественных пастбищах и сенокосах по цинку: в Улуг-Хемской котловине – в слое 0-20 см, Хемчикской – в слое 0-40 и 60-80 см, Убсу-Нурской – в метровом слое и по кадмию в слое 0-20 см в Хемчикской котловинах (рис. 2).

Для оценки профильной дифференциации микроэлементов в почве были определены коэффициенты элювиально-аккумулятивные ($K_{ЭА}$) или коэффициенты радиальной дифференциации металла относительно почвообразующей породы в слое 0-80 см (табл. 2) [10]. Коэффициент рассчитывается отношением содержания металла в гор. А к С.

Выявлено, что самые высокие $K_{ЭА}$ валового содержания меди обнаружены в слое

0-20 см в почвах сенокосного использования в Турано-Уюкской (2,83) и Хемчикской (1,66) котловинах и в пашне Хемчикской котловины (1,60). В остальных коэффициент заметно ниже и изменяется от 1,49 до 0,71. Наблюдается снижение его вниз по профилю, кроме разреза 05-19, где увеличение на глубине 60-80 см в 1,7 раза выше, чем в слое 0-20 см.

Цинк варьирует в пределах от 1,22 (пастбище Убсу-Нурской котловины) до 2,29 (сенокос Турано-Уюкской). Идет снижение его с глубиной, кроме разреза 05-19.

Валовое содержание кадмия 1,86-1,45 наблюдается также в почвах естественных экосистем. В разрезах пахотной (Хемчикской котловины) и пастбищной (Убсу-Нурской) почв наблюдается увеличение его вниз по профилю в 1,8 и 1,3 раза соответственно.

$K_{ЭА}$ свинца в почве в верхнем слое варьирует в пределах от 1,03 до 2,64. Самый низкий показатель в пахотной почве, который увеличивается с глубиной, а самый высокий – на сенокосных угодьях в Улуг-Хемской котловине.

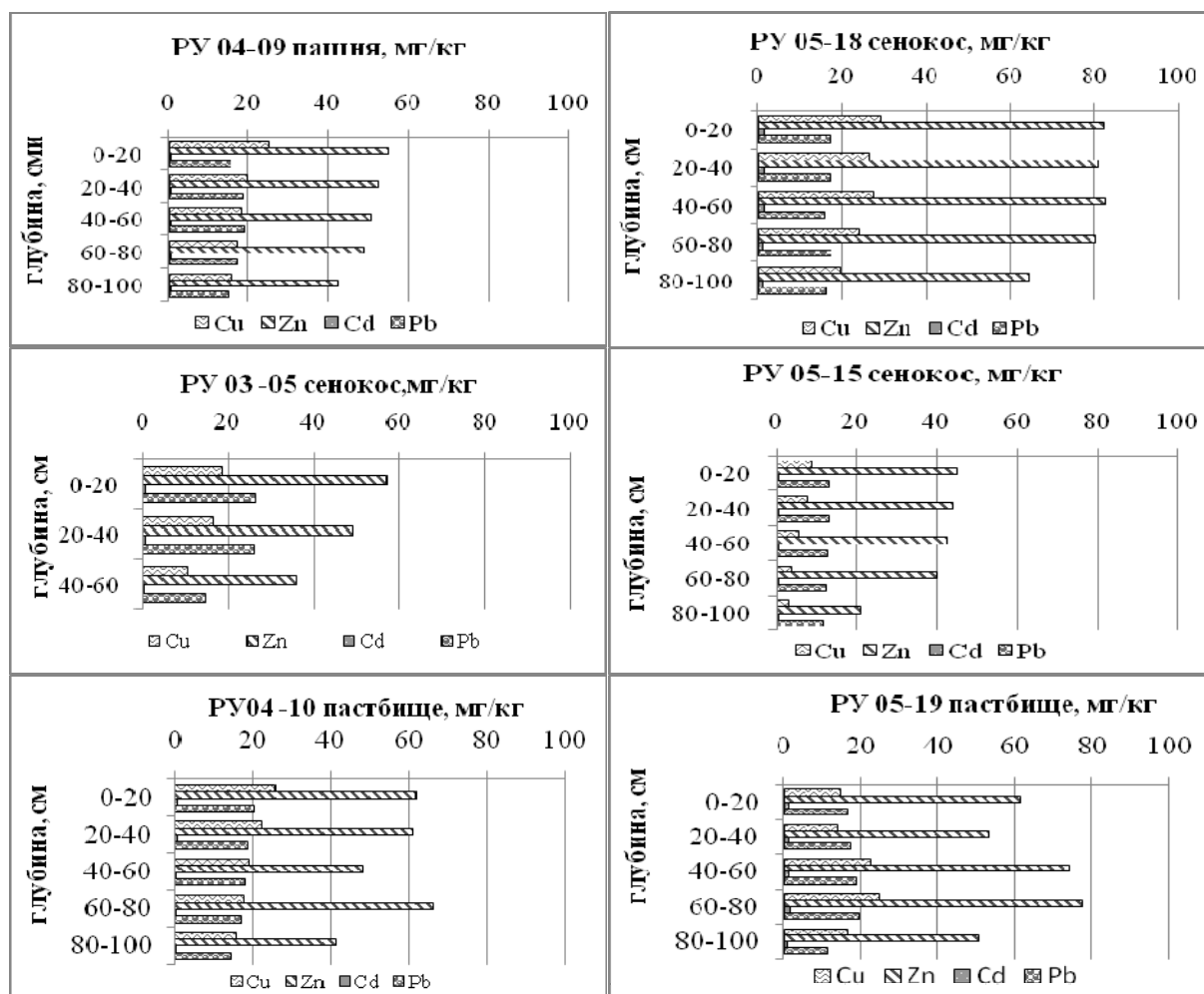


Рис. 2. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах

Таблица 2

Коэффициенты элювиально-аккумулятивные ($K_{ЭА}$) и техногенного накопления ($K_{ТН}$) микроэлементов в почвенном покрове пахотных, пастбищных и сенокосных угодий

№ разреза, почва	Глубина, см	Cu		Zn		Cd		Pb	
		$K_{ЭА}$	$K_{ТН}$	$K_{ЭА}$	$K_{ТН}$	$K_{ЭА}$	$K_{ТН}$	$K_{ЭА}$	$K_{ТН}$
05-15, аллювиальная типичная гидрометаморфическая супесчаная	0-20	2,83	0,9	2,29	1,1	1,25	1,1	1,15	1,2
	20-40	2,53	0,8	2,23	1,0	1,22	0,9	1,13	1,0
	40-60	1,73	0,3	2,15	3,3	1,22	1,0	1,10	1,0
	60-80	1,13	0,2	2,02	2,2	1,16	0,9	1,07	1,0
03-05, аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая среднесуглинистая	0-20	0,71	0,9	1,76	0,8	1,49	0,9	2,64	1,1
	20-40	0,63	0,9	1,51	0,8	1,31	1,0	2,61	1,1
	40-60	0,41	0,8	1,11	0,8	0,91	0,9	1,46	1,1
04-09, агротемногумусовая аллювиальная типичная легкосуглинистая	0-20	1,60	1,6	1,30	4,3	0,87	0,6	1,03	1,1
	20-40	1,25	1,2	1,24	4,2	1,27	1,0	1,26	1,4
	40-60	1,17	1,1	1,20	3,8	1,37	1,2	1,27	1,4
	60-80	1,09	1,0	1,15	3,9	1,60	1,1	1,15	1,2
04-10, аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая легкосуглинистая	0-20	1,66	1,7	1,50	0,8	1,86	0,8	1,42	1,0
	20-40	1,44	1,4	1,48	0,8	1,57	0,9	1,30	1,3
	40-60	1,21	1,1	1,17	0,6	1,28	0,7	1,25	1,2
	60-80	1,14	1,3	1,12	0,9	1,14	0,7	1,19	1,3
05-18, аллювиальная темногумусовая гидрометаморфическая легкосуглинистая	0-20	1,49	1,1	1,27	1,0	1,45	1,0	1,06	1,0
	20-40	1,35	1,1	1,26	1,0	1,36	1,1	1,05	1,0
	40-60	1,41	1,0	1,28	1,0	1,32	0,9	0,97	0,8
	60-80	1,24	-	1,25	-	1,24	-	1,07	-
05-19, аллювиальная типичная гидрометаморфическая супесчаная	0-20	0,89	1,3	1,22	1,1	1,12	1,0	1,51	1,1
	20-40	0,86	1,4	1,06	1,1	1,12	1,1	1,56	0,9
	40-60	1,39	1,2	1,47	1,1	1,38	0,9	1,69	0,9
	60-80	1,49	0,9	1,53	1,0	1,46	1,0	1,79	1,3

Таким образом, в аллювиальных почвах пастбищных угодий элювиально-аккумулятивные коэффициенты валового содержания всех микроэлементов снижаются вниз по профилю почвы. Увеличение $K_{ЭА}$ с глубиной наблюдается только в пастбищной почве Убсу-Нурской котловины, которая характеризуется низким содержанием гумуса 1,3% в слое 0-20 см, супесчаным гранулометрическим составом и повышенным содержанием карбонатов в профиле почвы. В пахотной почве легкосуглинистого гранулометрического состава с гумусом 1,8%, $K_{ЭА}$ меди и цинка с глубиной уменьшается, а кадмия и свинца – увеличивается.

Для оценки техногенного загрязнения тяжелыми металлами пахотных и пастбищных угодий рассчитан коэффициент техногенного накопления ($K_{ТН}$) (табл. 2).

Выявлено, что за одиннадцатилетний период наибольшее валовое содержание цинка и меди наблюдается на пашне. Коэффициент техногенного накопления в слое 0-20 см цинка составил 4,3, меди – 1,6. Пастбищные угодья характеризуются небольшим накоплением тяжелых металлов в верхнем горизонте почвы (1,01-1,3). Коэффициент техногенного накопления в пастбищных угодьях в верхнем слое варьирует от 0,6 до 1,3, в нижних – от 0,2 до 1,3. И только на

пастбище в разрезе 04-10 наблюдается повышенный $K_{ТН}$ меди, равный 1,7 в слое 0-20 см, но он снижается с глубиной.

Оценка относительного сходства аллювиальных почв, которые расположены в различных точках исследуемого региона, по гумусному состоянию, химическим и физико-химическим показателям методом кластерного анализа показывает, что все почвы попадают в один кластер (рис. 3). Наиболее близки, по Евклидову расстоянию, между собой почвы пашни Хемчикской котловины (РУ 04-09) и пастбищные угодья Убсу-Нурской (РУ 05-19), объединенные в один кластер, к ним присоединяется кластер почв сенокосных угодий Турано-Уюкской котловины (РУ 05-15) и Улуг-Хемской (РУ 03-05), а к данному блоку примыкает далеко удаленный кластер аллювиальных почв пастбищных угодий Хемчикской (РУ 04-10) и сенокосных – Убсу-Нурской котловин (РУ 05-18). Итак, образуется один кластер, в который входят все аллювиальные почвы, расположенные в различных местах исследуемого региона, и поэтому можно сказать, что кластер действительно существует. Таким образом, аллювиальные почвы, расположенные в различных котловинах Тувы, имеют сходство между собой.

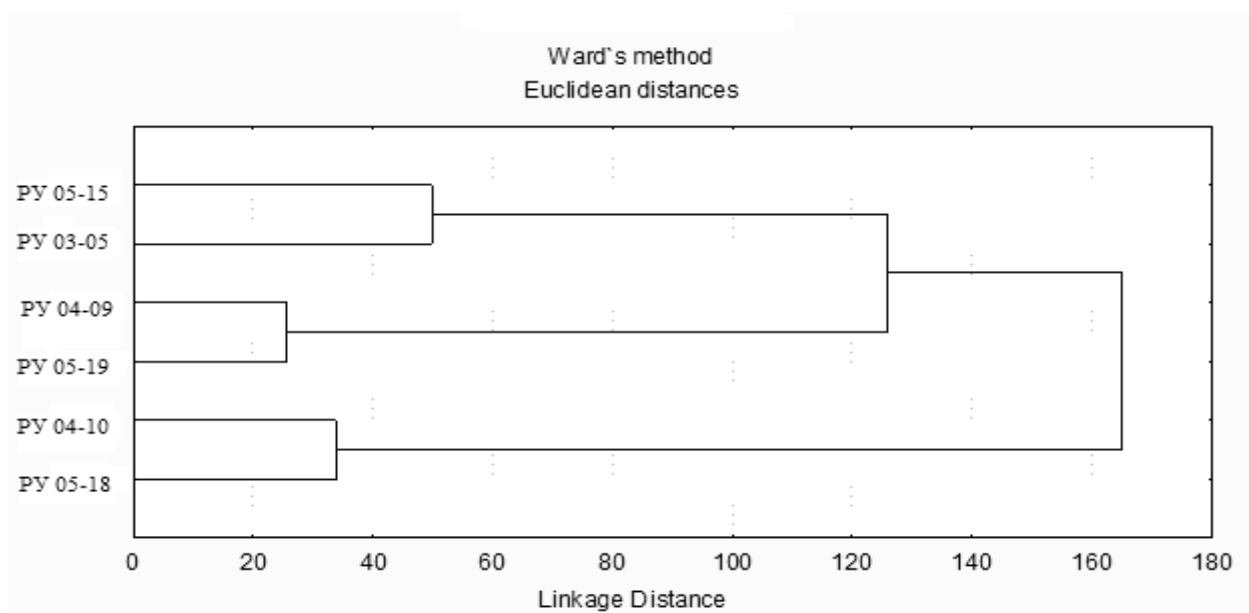


Рис. 3. Диаграмма относительного сходства аллювиальных почв

Выводы

1. Результаты локального мониторинга почв показали, что аллювиальные почвы пастбищ и сенокосов содержат гумуса в верхнем слое 2,02-4,60%, на пашне его меньше на 0,27-2,85%. Длительное сельскохозяйственное использование аллювиальных почв, при низком уровне технологии возделывания культур, сопровождается снижением содержания гумуса, поэтому их лучше использовать под пастбищные и сенокосные угодья.

2. Валовое содержание тяжелых металлов в аллювиальных почвах находится в пределах второй группы эколого-токсикологической оценки. Небольшое превышение ПДК по цинку наблюдается на естественных угодьях в слое 0-20 см Улуг-Хемской котловины, в слое 0-40 и 60-80 см – Хемчикской, в метровом слое – Убсу-Нурской, и по кадмию – в слое 0-20 см Хемчикской.

3. Элювиально-аккумулятивные коэффициенты по валовому содержанию микроэлементов во всех почвах снижаются с глубиной, и только в пастбищной почве Убсу-Нурской котловины и пахотной (по кадмию и свинцу) происходит незначительное увеличение.

4. За 11-летний период наблюдений на сельскохозяйственных угодьях в верхнем слое почвы в основном небольшое техногенное накопление тяжелыми металлами (1,01-1,3), кроме пахотной почвы Хемчикской котловины ($K_{ТН}$ цинка равен 4,3).

Библиографический список

1. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
2. Шишов В.Д., Тонконогов И.И. и др. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Соболевская К.А. Растительность Тувы. – Новосибирск, 1950. – С. 24-104.
4. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 342 с.
5. Савич В.И. Варьирование свойств почв во времени и пространстве // Докл. ТСХА. – 1971. – Вып. 162. – С. 111-115.
6. Самбуу А.Д. Антропогенная динамика растительности Тувы. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2004. – 40 с.
7. Гаджиев И.М., Королюк А.Ю., Титлянова А.А. и др. Степи Центральной Азии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 299 с.
8. Глазовская М.А. Методические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: метод. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 102 с.
9. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1276-1280.
10. Водяницкий Ю.Н., Плеханова И.О., Прокопович Е.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв выбросами предприятий цветной металлургии // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 240-249.

